

Juha Eskelinen

# Filmiliimauslaitteen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.4.2014

Tekijä Otsikko	Juha Eskelinen Filmiliimauslaitteensuunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	49 sivua + 17 liitettä 28.4.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Kappaletavara-automaatio
Ohjaajat	ohjaava opettaja Timo Tuominen ohjaaja Markku Inkinen
<p>Tämän insinööriyön aiheena on suunnitella ja rakentaa filmiliimauslaite tuotantokäyttöä varten Ifolor Oy:n kuvavalmistamolle Keravalle. Laitteen tarvitsema ohjelmointityö on osa insinööriötä.</p> <p>Filmiliimauslaitteelta edellytettävät perustoiminnot ovat: filmin syötön jälkeiset filminsiirrot, filmien yhteenliimaus splice-teipillä kuumaprässäyksellä ja filmikelan muodostaminen. Suunniteltavan laitteen ohjaus tapahtuu tehtävään valittavalla PLC:llä, Omronin SYSMAC-sarjan CJ1M-CPU22 ohjelmoitavalla logiikalla, jossa on pulssilähdöt kahdelle askel- tai servomootorille sekä nopeat pulssianturi-tulot. Askelmootorikäyttöjen ohjelmointi ladder-kielellä ja laitteen vaatimien toimintojen ohjelmointi ja ohjelmointitapojen oppiminen on olennainen osa tätä työtä.</p> <p>Laitteessa on muun muassa kolme askelmootorikäyttöä, valokuitu-anturointeja, filmin kelausyksikkö ja muutamia paineilmakäyttöjä. Laitteelta edellytetään herkästi naarmuuntuvan filmin varovaisen käsittelyn lisäksi pitävän liitoksen muodostamista riittävällä tarkkuudella. Laitteelle tehdään vaatimusmäärittelyt ja suunnitteluvaiheessa huomioidaan myös koneturvallisuus-näkökohdat. Toteutusvaiheessa mitoitetaan ja valmistetaan puuttuvat mekaaniset osat työstökoneilla, rakennetaan kuumaprässäysyksikön, splice-teipinsiirtoyksikön ja askelmootoreilla varustettujen filmiratojen muodostama pääyksikkö. Liimauslaite rakennetaan alumiiniprofiilirungolle, johon kiinnitetään rakennetun pääyksikön lisäksi PLC ja muu elektroniikka DIN-kiskoihin asennettuna.</p> <p>Laitteen mekaniikka ja elektroniikka valmistui ajallaan. Tiukaksi asetettu projektiaikataulu ei aivan pitänyt askelmootorihjauksissa esiin tulleen ohjelmoinnin haastavuuden johdosta. Filmiliimauslaite valmistui ohjelmoinninkin osalta riittävän kattavaksi ja toiminnoiltaan vakaaksi insinööriyön arviointikäsittelyihin mennessä ollakseen valmis ensimmäisiin tuotantotesteihin.</p>	
Avainsanat	askelmootorihjaus, liimauslaite, kuumaprässi

Author Title	Juha Eskelinen <i>Planning and Building a Film Splicing Machine</i>
Number of Pages Date	49 pages + 17 appendices 28 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Automation Technology
Specialisation option	Engineering Technology
Instructors	Timo Tuominen, Senior Lecturer Markku Inkinen, Principal Lecturer
<p>This thesis describes the development and construction of a film splicing machine for photographic production at Ifolor Oy, Kerava. The programming of a PLC is an essential element in this thesis.</p> <p>The main functions of the splicing machine after insertion of a film are: film transfer, film bonding to each other with a splice tape by heat press function and the formation of a film reel.</p> <p>The control of the splicer machine implementation is PLC based. In this case selected the PLC will be OMRON SYSMAC CJ1M-CPU22. It has two pulse outputs for step or servo motors and high speed counter inputs. In this thesis learning of step motor control and complex programming with ladder diagram (LD) is one of the main tasks. The implementation has control of three-axis stepper motors, a take-up unit and some pneumatic devices. The machine is expected to handle scratch-sensitive films carefully as well as to have precise film handling and good heat-press splicing capabilities.</p> <p>After requirement specifications for a system and planning, with safety taken into account, construction of the machine is started. After designing and milling necessary parts, the heat press unit and both film tracks with stepper motors are assembled together. This unit will then be fixed to a frame made from aluminum profiles. Two DIN-rails hold the PLC and all electrical parts.</p> <p>Even though all mechanical and electrical work was finished in time, there was not enough time to get the machine ready for production tests within the project's timetable due to extra time spent with the programming of stepper drive controls.</p> <p>By the time the thesis is reviewed the program of the machine's PLC is already so comprehensive and stable that the first production tests can be done.</p>	
Keywords	stepper motor, gluing machine, heat press

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ohjelmoitavan logiikan valinnan perusteet	2
3	Logiikkojen soveltuvuuden testaus	3
3.1	Aiemmin hankittujen logiikkojen ominaisuudet	3
3.2	Testausmenetelmät	4
3.3	Johtopäätös	7
3.4	Toimenpiteet	8
4	Laitteen suunnittelussa huomioitavaa	8
4.1	Naarmut	8
4.2	Splice-teippiliitoksen vaatimukset	9
4.2.1	Kohdistustarkkuus	9
4.2.2	Kelaus	9
4.2.3	Vetolujuus	9
4.3	Koneturvallisuus	10
4.3.1	Riskien arviointi	10
4.3.2	Riskien vähentäminen suojaavilla toimenpiteillä	12
4.4	Laitteen käytettävyys	13
4.5	Mekaanisten ja elektronisten komponenttien hyödyntäminen	14
4.5.1	Mekaaniset komponentit	14
4.5.2	Elektroniset komponentit	14
5	Huomioitavaa suunnittelussa laitteen optimaalisen toiminnan kannalta	15
5.1	Filmin siirron tarkkuuteen vaikuttavat tekijät	15
5.2	Liimauksen pitävyys	15
5.3	Liitoksen laadun tarkistaminen	16
5.4	Muita huomioitavia toimintoja	16
5.4.1	Filmiluuppi	16
5.4.2	Säädöt	16
6	Mekaniikka- ja sähkösuunnittelu ja kokoonpano	17

6.1	Menetelmät	17
6.2	Mitat ja mitoittaminen	18
6.3	Elektroniikan sijoittelu laitteessa	21
6.4	Sähkönsyötön toteutus	22
6.5	Ohjauskytkentöjen ja elektroniikan kokoonpano	23
6.6	Askelmoottoriohjainten asetukset	24
6.7	Mekaanisen kokoonpanon arviointi	27
7	Ohjelmointi	28
7.1	Logiikan käyttöönotto	29
7.2	Tutustuminen ja testaukset	30
7.3	Liimauslaitteen ohjelmoinnissa käytetyt menetelmät	31
7.4	Liimaus-ohjelman jakaminen toiminnallisiin osiin	31
7.4.1	Splice-teippiyksikön alustusohjelma	32
7.4.2	Filmiradan alustusohjelma	33
7.4.3	Normaali ajotila	34
7.4.4	Peruutus prässäysalustalle	34
7.4.5	Splice-teipin siirto paistoalustalle	35
7.4.6	Kuumaprässäys	35
7.4.7	Splice-teipin peruutus	36
7.4.8	Uloskelaus	36
7.4.9	Virhetilanteiden ohjelmat	38
7.5	Laitteen toiminnan ilmoitukset	39
7.6	Käyttöpainikkeet	39
7.7	Käytettävyyden huomiointi valmiissa ohjelmassa	39
7.8	Kriittiset esiin tulleet kohdat ohjelmassa	40
7.9	Johtopäätös	40
8	Laitteen testaus	41
8.1	Tavoitteet, kohteet ja menetelmät testauksissa	42
8.1.1	Tavoitteet	42
8.1.2	Testattavat kohteet	42
8.1.3	Menetelmä	43
8.2	Tuloksien arviointi	43
9	Laitteen tuotantokäyttöönnoton edellytykset	43
9.1	Tuotantokäyttöönnoton kannalta huomioitavat kohdat:	43
9.2	Johtopäätös	43

10	Liimauslaitteen lisätoiminnot ja parannukset	44
10.1	Pulssiantureiden käyttö filminkulun varmistamiseksi	44
10.2	Filmiradan luuppi	44
10.3	PWM-ohjaus ja servokäyttö kelausmoottorille	44
10.4	Viivakoodinlukijan luentakäsky	44
10.5	Äänimerkki	45
10.6	Kosketusnäytön lisääminen	45
11	Syntyneet kustannukset	45
12	Pohdintaa	46
13	Käytetty työaika	47
	Lähteet	48

## LIITTEET

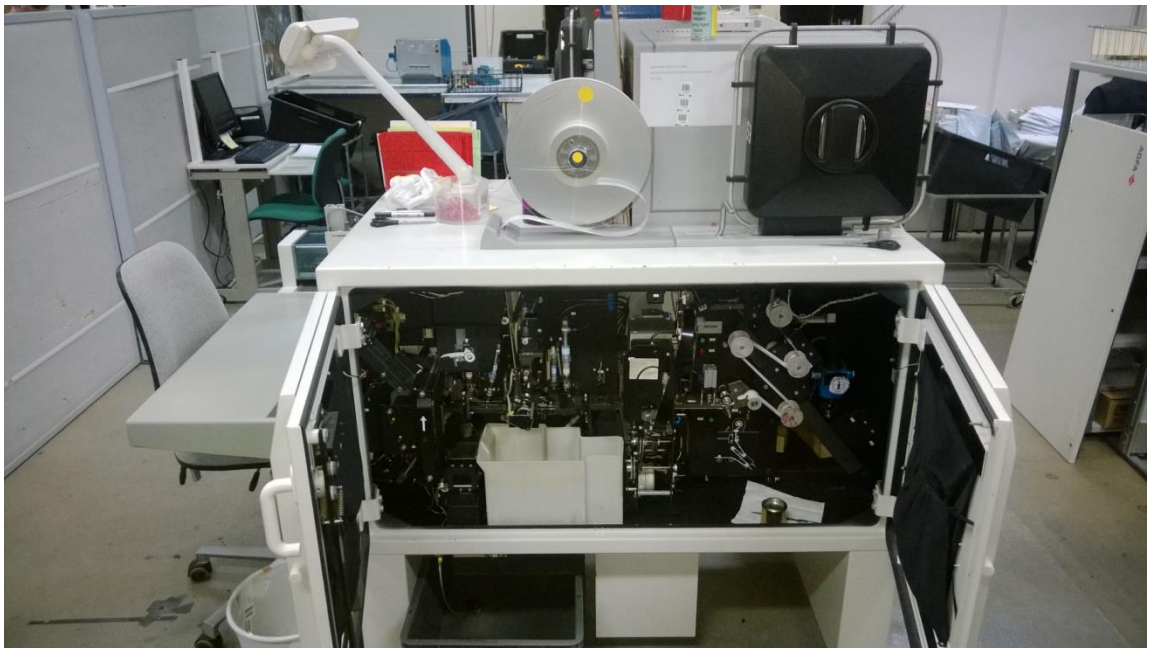
Liite 1.	Filmiradan ja splice-teippiyksikön pääkomponentit ja anturoinnit
Liite 1.	Askelmoottorien ohjaukset
Liite 3.	Ohjauksen ja sähkönsyötön sijoittelu
Liite 4.	Liimauslaitteen filmiradan runkolevyjen piirustukset
Liite 5.	Paineilmakaavio
Liite 6.	Sähköpääkaavio
Liite 7.	Agfan I/O-kortin sähkökaavio
Liite 8.	Ohjaukset . Kaaviot 1 - 3
Liite 9.	Sähkölaitteiden virrankulutus
Liite 10.	Komponenttiluettelo
Liite 11.	Liimauslaitteen toiminnan aikaiset häiriötilat: Merkkivalokoodit
Liite 12.	Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja 1-6.
Liite 13.	IP-luokitukset
Liite 14.	Kuva: Filmiliimauslaite edestä
Liite 15.	Kuva: Filmiliimauslaite takaa
Liite 16.	Kuva: Filmiliimauslaite päältä
Liite 17..	Kuvia filmiliimauslaitteesta

## Lyhenteet

Splice	Filmien tai filmien perättäin liimaamiseksi käytettävä kuumasaumausteipinpala, jossa viivakooditunniste
Batch	Työerä, tuotantoerä.
PLC	<i>Programmable Logic Control</i> , ohjelmoitava logiikka
LD	<i>Ladder Diagram</i> , ohjelmointikieli
FBD	<i>Function Block Diagram</i> , ohjelmointikieli
NEMA 23	<i>National Electrical Manufacturers Association</i> , tässä: askelmoottorien kiinnityslaipan koon mukainen luokitus
PWM	<i>Puls-Width modulation</i> , pulssinleveysmodulaatiolla pulssisuhde määrittää lähtösignaalin tason.
IP-luokitus	Sähköisten laitteiden kotelointiluokitus SFS-EN 60529 standardin määrittelemänä
APS135 SPLICER	Agfan valmistama 135-kinofilmien pimiöliimauslaite
AGFA	Agfa-Gevaert N.V., myös Agfa, on eurooppalainen monikansallinen kemian alan yritys, joka tuottaa analogiseen valokuvaukseen liittyviä materiaaleja sekä lääketeollisuuden ja graafisen teollisuuden aineita ja laitteita.
Kuumaprässi	Riittävän korkean lämpötilan avulla aiheutetun höyrystymistai sulamisilmiön yhteydessä materiaalit kiinnitetään toisiinsa yhteenpuristamalla
DIN-kisko	Asennuskisko sähköisille komponenteille.

## 1 Johdanto

Insinööriyössä tehtävänä on suunnitella ja rakentaa kehitettyjen 135-kinofilmien liimauskone tuotantokäyttöä varten valokuva-laboratoriolle Ifolor Oy:lle Keravalle. Liimauskoneelta vaaditaan samat perusominaisuudet kuin jo tähän mennessä muunnellulta AGFA APS 135 SPLICER-kinoliimauskoneelta (Kuva 1). Tämä iäkäs liimauskone on nykytarpeisiin nähden turhan monimutkainen ja sisältää ikääntyvää elektroniikkaa. Samoin jäljellä oleva laitetuntemus ja osaaminen laitteen mahdollisesti pahemmin vikaantuessa ovat perusteet rakentaa uusi laite tässä insinööriyössä.



Kuva 1. Toinen kahdesta AGFA APS 135 SPLICER-liimauslaitteesta.

Muunnellun liimauslaitteen alkuperäinen toiminta sisältää muun muassa filmin esikäsittelyn, filmikasettien purkamisen, vetonauhanleikkauksen ja vetonauhan syöttöyksikön, kuoritulostimen sekä työerätiedoston muodostamisen ja hallinnan MS-DOS 2.11- pohjaisen tietokoneen ohjelmassa. Vaikka näitä toimintoja ei hyödynnetä, näiden kaikkien yksiköiden elektroniikan tulee olla toimintakuntoinen, jotta laite toimisi. Tärkeimpinä jäljellä olevina toimintoina muunnellussa liimauslaitteessa ovat filminsiirto, filmien liittäminen nauhaksi splice-teipillä kuumaprässäyksellä ja kelaustoiminto. Nämä tarvittavat toiminnot löytyvät myös insinööriyön tuloksena valmistuvasta liimauslaitteesta.

Työhön sisältyy tarkoitukseen sopivimman PLC:n eli ohjelmoitavan logiikan valinta laitteen ohjauksia varten. Insinööriyöstä merkittävä osa on ladder-ohjelmointikielellä tehtävää ohjelmointityötä.



Mekaniikkasuunnittelussa runkona ja käytettävänä mekaanisina komponentteina tullaan hyödyntämään tarvittavissa määrin purettujen AGFA APS 135 SPLICER- liimauslaitteiden mekaanisia erikoisosia ja joitakin sähköisiä komponentteja.

Liimauslaitteen sähkösuunnittelu ja johdotustyöt, mekaniikan suunnittelu, mekaanisten osien valmistaminen, kokoonpano ja testaukset kuuluvat tehtäviin töihin. Laitteen tuotantotestaukset pyritään suorittamaan insinööriyön puitteissa.

Laitteen suunnittelussa käytettävyyden ja ergonomian huomioonottaminen ja kirjallisten ohjeiden valmistaminen kuuluvat myös tehtäviin ennen laitteen lopullista luovutusta tuotantokäyttöä varten.

## 2 Ohjelmoitavan logiikan valinnan perusteet

Tehtävänä on myös tutkia, miten aiemmin hankittu Siemensin LOGO! -logiikka tai runsaslukuiset laitteista puretut vanhemmat OMRON SYSMAC CJ1M-CPU11 -logiikat soveltuisivat huolehtimaan laitteen ohjauksista (Kuva 2). Riippuen tuloksesta filminsiirto on suunniteltu tapahtuvaksi askelmoottoreilla tai askelmoottori-pulssianturi-yhdistelmillä.



Kuva 2. Ylempänä OMRON SYSMAC CJ1M-CPU11 ja alempana Siemensin LOGO! Molemmassa on kiinni digitaaliset I/O-moduulit.

Valintaan vaikuttavat tekijät:

- riittävän nopea pulssinohjaus
- askelmoottorien muut ohjausominaisuudet
- käytettävissä jo olevat ohjelmointityökalut
- hinta.

Yrityksen muissa laitteissa käytössä olevia tai käytössä poistettuja komponentteja on syytä käyttää niiden todennetun soveltuvuuden ja saatavuuden mukaan. Tällöin varavaraosavaraoston kokoa ei ole tarvetta lisätä suunniteltavan laitteen tarpeilla.

### 3 Logiikkojen soveltuvuuden testaus

#### 3.1 Aiemmin hankittujen logiikkojen ominaisuudet

Ennakkotehtävänä ennen varsinaista liimauslaitteen suunnittelua selvitetään miten Ifolor Oy:lta jo löytyvien logiikkojen ominaisuudet riittävät laitteelle hahmoteltuihin toimintoihin. Tärkeimpinä ominaisuuksina liimauslaitteen toiminnan kannalta tutkitaan näiden logiikkojen kykyä tuottaa riittävän nopeaa ja hallittua pulssia askelmoottorien ohjausta varten. Logiikan inputtien nopeuksia pulssivastaanottimina tutkittiin myös.

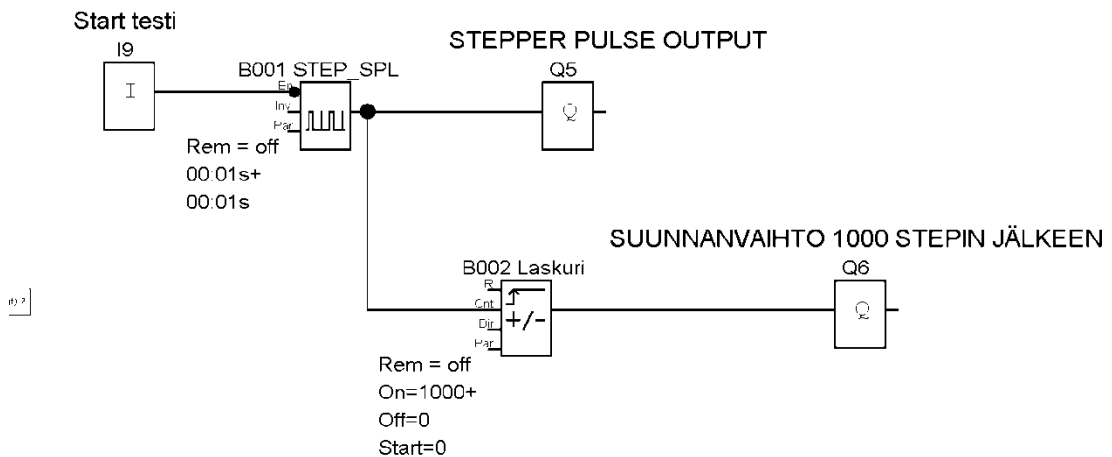
Tutkittavat logiikat ovat Siemensin LOGO! 6ED1 052-1MD00-0BA6 [1, s.394] ja OMRON SYSMAC CJ1W-CPU11 [2]

Näille logiikoille löytyi myös tarvittavia I/O-moduuleita:

- LOGO! 6ED1 055-1CB10-OBAO, DM16, 24 [1, s.264]  
8-kanavainen output-moduuli, transistorilähtö
- OMRON SYSMAC CJ1W-OD212 [3, s.22]  
16-kanavainen output-moduuli, transistorilähtö
- OMRON SYSMAC CJ1W-ID211 [4, s.7]  
16-kanavainen input-moduuli
- OMRON SYSMAC PA-202 virtalähde SYSMAC CJ1M -sarjalle.

### 3.2 Testausmenetelmät

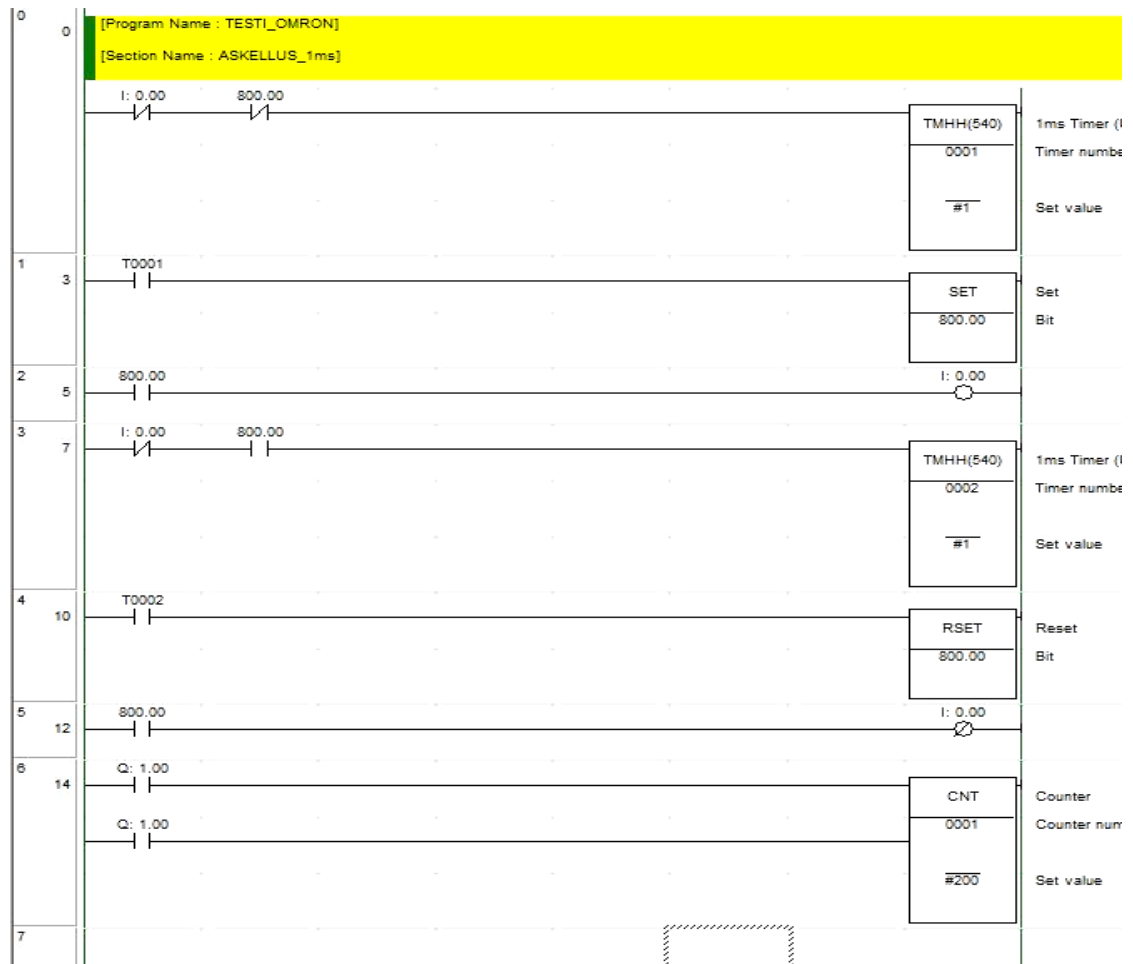
Testattavat logiikat ohjelmoidaan tavalla, jolla saadaan nopein pulssisarja lähdöistä ulos. Kuvassa 3 LOGO!-lle fbd-ohjelmointikielellä toteutettu pulssigeneraattori. Puls-sisarjojen todentamiseen käytetään oskilloskooppia ja tarkastelemalla kytketyn askel-moottorin pyörintänopeutta.



Kuva 3. Siemens Logo! Soft Comfort ohjelmassa fbd:llä toteutettu pulssigeneraattori.

LOGO!-n ohjelmoinnissa käytetään LOGO! SoftComfort -ohjelmaa (versio 7) ja 6ED1057-1AA01-0BA0 USB -liitäntäkaapelia. Omronin ohjelmointi tapahtuu CX-Programmerilla (versio 3.3) ja CX-Onella (versio 9.4) ja liitäntä CS1W-CN626 RS-232-kaapelilla.

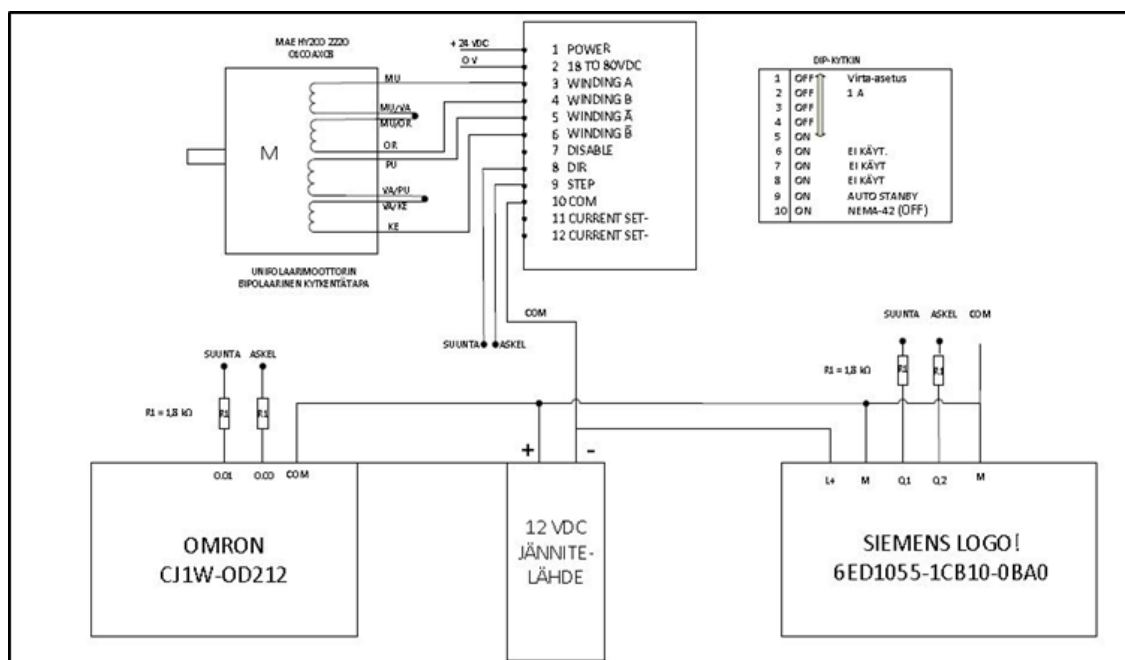
CX-Programmerissa käytettiin ladderia ohjelmointikielenä. Omronin logiikan ohjelmaan tehdään yksinkertainen RS-kiikku nopeimmista saatavilla olevista TIMHH(540)-time-  
reista, joihin asetetaan lyhin mahdollinen asetettavissa oleva aika eli 1 ms  
(Kuva 4).



Kuva 4. Omronin CX-Programmerissa ladder-ohjelmointikielellä toteutettu RS-kiikku.

Testausta varten hankittiin askelmoottoriohjain Geckodrive 201X [5]. Tämä pieni-  
kokoinen askelmoottoriohjain soveltuu bipolaarisesti kytkettäville moottoreille.

Testauskytkennöissä logiikan ulostulot kytketään kuvan 5 mukaisesti. Testissä käytet-  
täväksi moottoriksi valitaan todennäköisin laitteessa käytettävä vaihtoehto AME-  
merkkinen 0200 2220 0100 BX08 1.8°/askel askelmoottori [6, s.12]. Kytkemällä unipo-  
laarisen AME -askelmoottorin käämien johdotus Geckodrive 201X -askelmoottori-  
ohjaimeen kuvan 5 mukaisesti saadaan aikaan bipolaarinen askelmoottori.



Kuva 5. Kuvassa testauskytkennät logiikkojen askelmoottorin pyöritysominaisuuksien selvittämiseksi. Logiikkojen +24 V jännitelähtöihin lisätty 1.6 k $\Omega$  vastukset, sillä Geckodrive-ohjainta voidaan ajaa enimmillään 5 V jännitteellä.

Logiikkojen ja I/O-moduulien ominaisuuksia tutkittaessa LOGO!:n digitaalinen I/O-moduuli omaa hämmästyttävän hitaan ulostulon pulssitaajuuden, vain 10 Hz! Omronin CJ1W-OD212 -moduulin ulostulossa pulssitaajuus olisi teoreettisesti enimmillään 500 Hz lyhyimmillä 1 ms ajastinasetuksilla. Oli tässä vaiheessa jo itsestään selvää, että vain Omron saattoi selviytyä edellä olevasta käytännön testistä.

### 3.2. Testaus

Testatessa LOGO!:a havaitaan, että askelmoottorin pyörintänopeus on todella hidas. Nopeus vaikuttaa lähes kellon sekuntiviisarin pyörimisnopeudelta  $1,8^0$  /step-askelmoottoireilla.

Vaihdettaessa Omronin logiikkaan tapahtuukin jo merkittävä pyörimisnopeuden paranus. Moottori pyörii nyt pari kierrosta sekunnissa. Vastaa noin 350 - 400 Hz:n taajuutta. Huomioitavaa on, että käytimme hyvin yleistä  $1,8^\circ$  / askeltarkkuuden moottoria testissä. Tällöin kaksisataa askelta vastaa yhtä kokonaista kierrosta.

Saavutettavissa oleva tarkkuus filmin siirrossa on 1,8°/askel ja 12,5 mm siirtorullan säteellä on:

$$\frac{2 \times \pi \times 12,5 \text{ mm} \times 360^\circ}{1,8^\circ} = 0,39 \text{ mm / askel} \pm 5 \%$$

OMRON CJ1W-OD212 -moduulilla saavutetaan filminsiirrolle nopeudeksi

$$400 \frac{1}{s} \times \frac{0,39 \text{ mm}}{1 \text{ step}} = 156 \frac{\text{mm}}{s}$$

Tällä nopeudella 1100 mm pitkän 24 ruudun kinofilmin 500 mm:n kokonaissiirto filmiradalla ilman pysäytystä kestää noin 10 s.

Splice-teippiyksikön olemassa oleva moottori on epätarkempi 7,5°/askel tarkkuudellaan ollen samalla myös nopeammin pyörivä. Moottorista saatavilla olevat vajavaiset tiedot ominaisuuksista eivät rohkaise sen käyttöä muussa tarkoituksessa.

Kummassakaan logiikassa ei ollut riittävän nopeita I/O-moduuleita pulssianturoinneille.

### 3.3 Johtopäätös

Siemens LOGO! ei kelpaa lainkaan liimauslaitteen askelmoottorihjauksiin hyvin rajallisen alle 10 Hz pulssitaajuuden johdosta.

Omron CJ1M-CPU11:lla ja CJ1W-OD212 -moduulilla saavutettava taajuus riittää splice-teipin siirrossa vaadittavaan siirtonopeuteen käytettäessä liimausyksikön alkuperäistä askelmoottoria. Filmin siirtoon sen sijaan saatava taajuus ei ole riittävä.

Pulssiulostulot tulisi toteuttaa uudella Omronin logiikalla tai uudella nopealla pulssimoduulilla liitettäväksi olemassa oleviin vanhempiin Omronin CJ1M-CPU11 -logiikkoihin. Niiden sisältämä firmware on iäkäs ja tuki uudemmille käskyille ehkä huonompi.

### 3.4 Toimenpiteet

Tutkittaessa Omronin materiaaleja hyvältä vaihtoehdolta vaikuttaa OMRON SYSMAC -sarjan CJ1M-CPU22 -logiikka kahdella CPU-moduulin servo- ja askelmoottori ohjauslähdöllään sekä nopeine pulssianturilaskureineen [7, s.15]. Askelmoottori ohjaimen liittäminen XW2D40G61 -liitäntä-moduulilla ja XW2Z100K -liitäntäkaapelilla varustettuun CJ1M-CPU22 -logiikka vaikuttaa hyvältä yhdistelmältä. Ohjelmointityökaluna olemassa oleva CX-Programmer versio 3.3. olisi myös yhteensopiva. Yhteydenotto Omronin edustajaan Tero Bergströmiin vahvisti valinnan oleva oikea ja samalla selvisi, että uudesta CX-Programmerista on saatavilla kuukaudeksi ilmaiseen käyttöön uusin CX-ONE versio, joka sisältää CX-Programmer version 9.4. Käyttämällä uuden ja vanhemman CX-Programmerin kanssa yhteensopivia ohjelmointikäskyjä ei kohdata vanhempaan ohjelmaan palattaessa epäyhteensopivuudesta johtuviin ongelmiin ohjelman koeajan ylityttyä. Ohjelmoinnin tarve jatkuu todennäköisesti pidempäänkin.

Valintana logiikaksi on täten Omronin CJ1M-CPU22, jolle tuo lisäarvoa yhteensopivuus Ifolor Oy:n huollossa löytyvien lukuisien erilaisten SYSMAC-sarjan I/O -moduulien kanssa.

## 4 Laitteen suunnittelussa huomioitavaa

### 4.1 Naarmut

Laitteelta edellytetään samoja toimintoja ja vaatimuksia, kuin jo käytössä olevalta muunnetulta liimauskoneelta. Herkästi naarmuntuvan filmin liikuttelu onnistuu parhaiten hyödyntämällä käytetyistä laitteista poistettuja osia, eritoten filmiradan osalta. Radan alumiiniosien pinta on oksidoituna kulutusta kestävä. Samantapaisen erikoisosan valmistaminen olisi kallista runsaiden pyöristettyjen ja hiottujen pintojen johdosta sekä pintakäsittelyn takia. Yli viisitoista vuotta käytössä olleiden laitteiden filmin siirron osat ja toteutus ovat osoittautuneet luotettaviksi, joten näiden laitteista irrotettujen osien käyttö suunniteltavan laitteen ratkaisuissa on itsestäänselvyys.

## 4.2 Splice-teippiliitoksen vaatimukset

### 4.2.1 Kohdistustarkkuus

Liitoksien, joita esitetty kuvassa 6, tulee muodostua ilman liitettävien päiden päällekkäisyyttä eikä filmin päiden välillä saa olla noin 4 mm suurempaa rakoa. Rata-anturoinnin valokuidut sijoitetaan mahdollisimman keskelle filmirataa, jolloin paikoitus toimii paremmin vinoon leikatuilla filmeillä.



Kuva 6. Kuvassa liimaukset molemmilta puolilta filmeissä ja vetonauhassa.

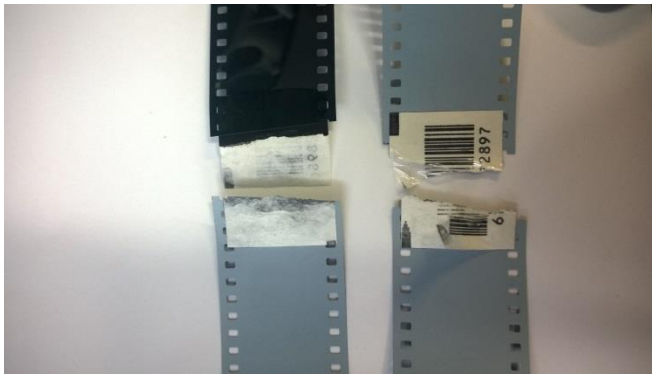
### 4.2.2 Kelaus

Kelauksessa syntyvät filmirullan tulee olla riittävän kireä, jotta käsiteltynä ei purkaudu ja menetä kiekkomaista muotoaan. Myöskään liiallinen tiukkuus ei ole hyväksi. Tällöin filmiin saattaa syntyä päällekkäisien kerroksien johdosta jälkiä filmiä paksummasta splice-teipistä tai filmien teräviksi leikatuista päistä.

### 4.2.3 Vetolujuus

Liitoksen vetolujuus ominaisuus ovat toinen tärkeä elementti. Vetolujuuden tulee olla niin suuri, että irtoaminen tapahtuu vain kuituisen splice-teipin repeämisenä tai katkeamisena, ei kuumasauman irtoamisena (Kuva 7).





Kuva 7. Oikein repeytyviä liitoksia. Vasemmanpuoleinen liitos on revennyt, oikeanpuoleinen on katkennut.

Koska kuumaprässiliimaus tulee tapahtumaan täysin samalla laiteyksiköllä ja tavalla, kuin alkuperäisellä Agfan valmistamalla liimauslaitteella, on oletettavissa, että liitoksen muodostuksessa ei ilmene ongelmia.

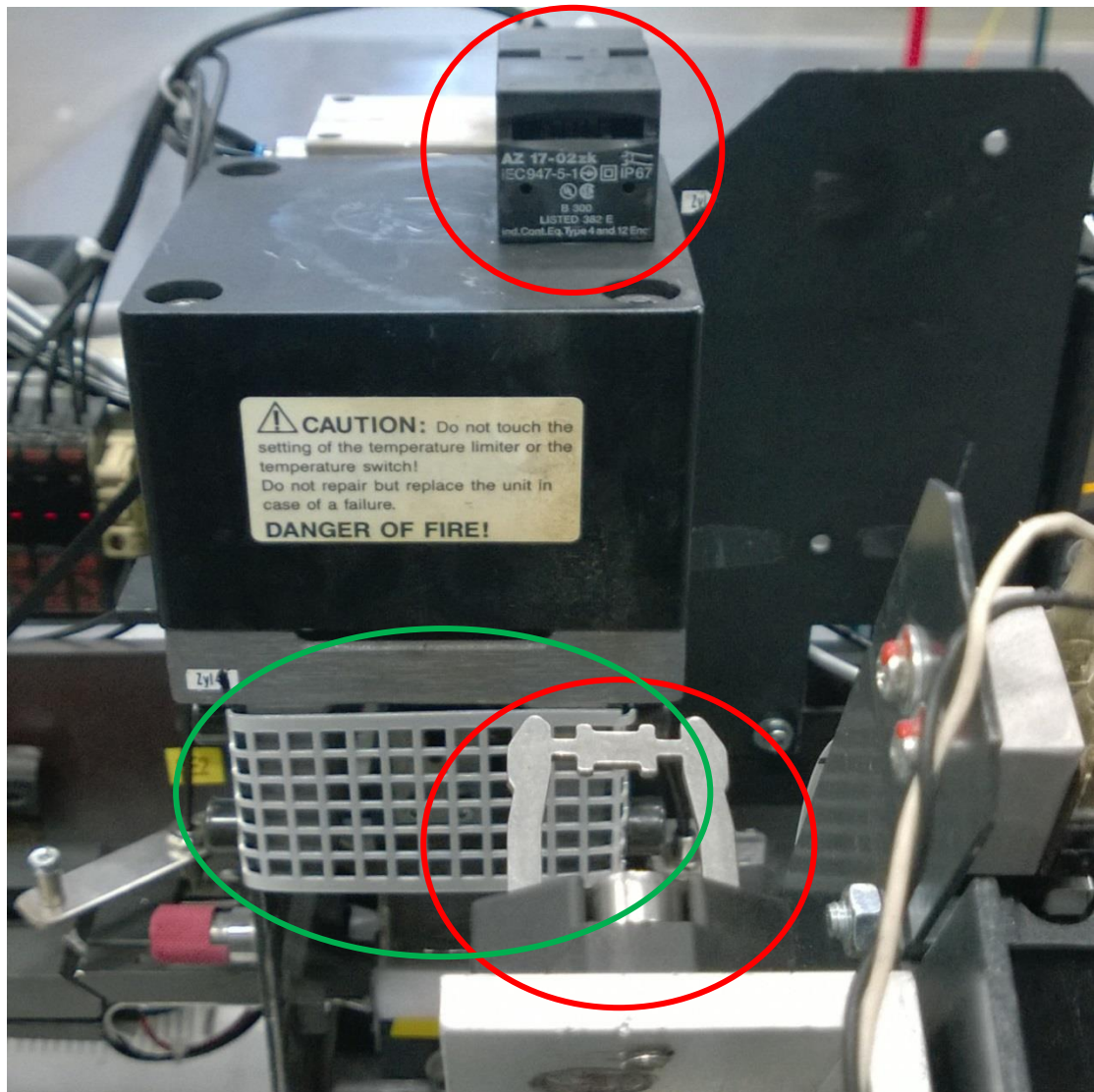
Kuumaprässiyksikkö on lähes sellaisenaan käytettävissä joitain koneturvallisuusnäkökohtia lukuun ottamatta. Nämä huomioidaan riskien arvioinnissa.

#### 4.3 Koneturvallisuus

##### 4.3.1 Riskien arviointi

Lähtökohtana olevan AGFA APS 135 SPLICER -liimauslaite on sisäisiltä osiltaan täysin valolta suojattu ja tästä syystä myös hyvin kosketussuojattu laite. Vastaa riskitasoltaan lähinnä toimistokopiokonetta. Sähköiseltä suojaukseltaan laite edustaa kotelointiluokkaa IP 60 liitteen 13 mukaisesti, kuitenkin sisältäen muutamia yksiköitä, joissa todennäköisesti voi tapahtua lieviä sormi- ja palovammoja.

Suunniteltavan laitteen suunnittelussa tulisi pyrkiä täyttämään turvalliselta koneelta vaadittavat kriteerit SFS-EN 61508 mukaisesti [8]. Liimauspään kuumuus ja paineilmaprässi muodostavat todennäköisen vakavan vamman syntymisen mahdollisuuden. Kuvassa 8 nähdään alkuperäiseen kuumaprässiin lisätty sormisuoja ja turvakytin.



Kuva 8. Puristumis- ja leikkaantumiswaaran eliminoimiseksi liimausyksikköön lisätään sormisuoja. Kuvassa sormisuoja merkitty vihreällä. Liimausyksikön lukitus varmistetaan asentamalla paineilmasylinterin yläpäähän turvakytin. Kuvassa kytkinosat merkitty punaisella.

#### 4.3.2 Riskien vähentäminen suojaavilla toimenpiteillä

Taulukossa 1 lueteltuna havaitut puutteet suunnitellun laitteen turvallisuudessa ja toteutettavat suojaavat toimenpiteet.

Taulukko 1. Riskien arviointi ja vähentäminen

Vaara	Suojaava toimenpide
Sähköturvallisuus:  230 V verkkojännite	Koteloidaan jännitteiset johtimet ja rivi-liittimet.
Palovamma, korkealämpötila:  Kuumaliimauspää lämpötila 160 °C.	Asennetaan kosketussuoja ja varoituskilpi.
Leikkautumisvaara ja puristumisvaara  Kuumaliimapään paineilmaprässissä splice-teipin leikkauksen terävä reuna	Asennetaan sormisuoja ja turvakatkaisin katkaisemaan paineilma-venttiilin ohjausjännite. Tehdään ohjelmallinen ehto venttiilinohjaukseen.
Materiaalinkäsittely:  Havaittaessa laitteessa toimintahäiriö	Asennetaan SEIS-painike askelmoottorien ohjelmalliseen pysäyttämiseen ja kuumaprässin paineilmasyötön pakotettu ohjelmallinen venttiilinohjauksen katkaisu.

Turvallisuuden toteuttamisessa käytetään apuna MetSta ry:n julkaisusarjan materiaaleja [9]. Laitteen kotelointiin tulee kiinnittää riittävästi huomiota, jotta käytön-aikaiset vaaratekijät minimoitaisiin mahdollisimman hyvin. 230 V jännitteiset osat tulee eristää tarpeellisissa määrin muusta laitteesta. Tämän tulee tapahtua ennen laitteen tuotanto-käyttöä. Testaukset voidaan suorittaa valvonnan alaisuudessa ilman kotelointia.

#### 4.4 Laitteen käytettävyys

Laitteelta edellytetään sellaista kokoa, että laite voidaan pitää työpöydällä. Laitteen käyttö seisten tai istuen tulee olla ergonomialtaan oikeanlainen.

Laitteen käyttäjä joutuu suorittamaan tyhjän puolan asettamisen kelausyksikköön, vetonauhan alkupuolauksen, syöttämään yksittäiset filmit ja lopulta suorittamaan täyden filmikelan poiston. Splice-teipin lisääminen tapahtuu noin 1000 liimausliitoksen välein, splice-teipin loppuessa. Työerät eli batchit ovat noin 1 -100 yhteen liimatun filmin kokoisia, tuottaen enimmillään noin 14 cm halkaisijalla olevia keloja. Kunkin kelan alkuun ja loppuun liimataan, filmien tapaan, noin 130 -160 senttimetriä pitkä vetonauha.

Kelausyksikkö rakennetaan käytettyjen kelauslaitteiden osista.

Häiriötilanteissa filmiradalta poistetaan siellä olevat materiaalit ja liimauslaite laitetaan alustamaan itsensä ajoa varten. Laitteen tilasta, toiminnasta ja häiriöistä ilmoittaa moniväri-merkkivalo. Liitteessä 11 esitetty merkkivalon värikoodien merkitys.

Laite tulee suunnitella toiminnoiltaan helposti tarkkailtavaksi ja syntyvien liitoksien varmistaminen avonaiselta kelalta tarvittaessa tulisi olla vaivatonta.

## 4.5 Mekaanisten ja elektronisten komponenttien hyödyntäminen

### 4.5.1 Mekaaniset komponentit

Mekaanisina komponentteina tullaan käyttämään, erityisesti filmiradan osalta, mahdollisimman paljon käytetyistä laitteista poistettuja toimivia komponentteja tai muita varaosia. Näitä ovat esimerkiksi:

- filmiradanosat
- kuumaprässiyksikkö ja splice-teipin syöttöyksikkö
- paineilmaventtiilit
- valokuidut
- alumiiniprofiilit kiinnitystarvikkeineen.

Näiden lisäksi tarvitaan runkoa varten alumiiniprofiilia, uudelleen koneistettuja käytetyistä laitteista poistettuja osia, akseleita, laakereita ja muita tarvikkeita. Ifolor Oy:lla on kohtuulliset työstölaitteet mekaanisien osien valmistamista varten. Tarpeen vaatiessa vaativimmissa koneistustöissä voidaan komponentin työstö antaa ulkopuoliselle koneistamolle.

### 4.5.2 Elektroniset komponentit

Myös elektronisina komponentteina tulisi käyttää mahdollisimman paljon huollon varastosta löytyviä toimivia komponentteja. Näitä ovat esimerkiksi:

- lämmityselementti ja lämpöanturi osana kuumaprässiyksikköä
- AGFA A8.7462.8180.2 I/O-kortti (Liite 7)
- NEMA 23-luokan askelmoottorit AIRPAX [10], AME [6]
- anturoinnit splice-teippi- ja kuumaprässiyksiköissä
- kelausyksikönmoottori PITTMAN GM9213E236-R1 [11]
- 24V DC virtalähteet.

## 5 Huomioitavaa suunnittelussa laitteen optimaalisen toiminnan kannalta

### 5.1 Filmin siirron tarkkuuteen vaikuttavat tekijät

Käytettäessä askelmootteita eri nopeuksilla ja pysäytyksissä logiikkojen ja ohjaimien kiihtyvyys- ja hidastuvuusominaisuudet ovat olennainen osa ajotapaa. Tällöin paikoitus toimii varmimmin ja filmin lipsumiselta välttään.

AGFA 135 APS SPLICER -liimauslaitteessa käytetään DC-mootteita ja takaisinkytkennässä filminsiirron vastarullien akseleihin kiinnitetyjä pulssiantureita. Tällöin filminsiirron tarkkailu onkin optimaalinen. Samaa ei saavuteta käyttäen pelkkiä askelmootteita.

Askelmootteilla ja vastarullan pulssianturilla saavutettaisiin alkuperäisen Agfan liimauslaitteen veroinen filminsiirron tarkkailutoiminto.

Suunniteltu laite on kuitenkin tarkoitettu päivänvalolaitteeksi eikä filmien kiinni pysymistä rasita filminkehityksen mekaaninen että kemiallinen rasitus eikä erilliset tarkistuskoneen ja loveuskoneen mekaaniset rasitukset. Myöskään muutaman millimetrin vaihtelu filminpäiden etäisyydessä toisiinsa nähden ei aiheuta ongelmia tuotannon muissa laitteissa.

Liikkeelle lähdetään askelmoottoriohjauksella ilman vastarullan akselin pulssianturilta saatavaa takaisinkytkentää. Mikäli testauksien yhteydessä tulee ilmi tarve sisällyttää edellä mainittu pulssianturointi, suoritetaan se mahdollisesti insinööriyöhön sisältyvänä tai myöhemmin ennen laitteen luovutusta tuotantokäyttöön.

### 5.2 Liimauksen pitävyys

Liimauksen pysymiseen vaikuttaa herkimmin lämpötila, sitten puristusaika ja puristus-paine. Myöskään puristuksen päätyttyä ei ole syytä välittömästi siirtää juuri kuumana käynnyttä liimasaumaa, vaan tulee odottaa noin sekunti ennen filminauhan siirron aloittamista.

### 5.3 Liitoksen laadun tarkistaminen

Laitteen ohjelmoinnissa voidaan ottaa huomioon silmämääräinen liimauksen tarkistuksen suorittaminen, jos se katsotaan tarpeelliseksi suorittaa filmin siirron jälkeen. Hidastamalla filmin siirtoa pienemmällä kiihdytysasetuksella aivan kelauksen alkuvaiheessa, voidaan visuaalisesti tarkkailemaan liimauksen onnistumista, toki käytettävissä olevan kapasiteetin kustannuksella.

### 5.4 Muita huomioitavia toimintoja

#### 5.4.1 Filmiluuppi

Huomioitavana piirteenä lähtökohtana olevassa Agfan liimauslaitteessa on filmin siirron aikainen luuppi, joka muodostetaan filmin kuumaprässäyksen jälkeen filmien uloskelauksessa. Filmin siirron eroja kompensoivan luupin mahdollistaminen tulevassa laitteessa on tärkeää. Ilman luuppia filmin siirron tulee olla molemmilta filminsiirronrullilta yhtä suurta, jolloin tulee huomioida kumipintaisten siirtorullien eriaikainen kuluminen ajansaatossa.

Mikäli luupin toiminta osoittautuu välttämättömäksi, se voidaan ottaa käyttöön ja sisältää tarvittava toiminto laitteen ohjelmaan.

#### 5.4.2 Säädöt

Liimausvälin ja liimauksen pitävyyteen vaikuttavat säädöt on tehtävä mahdollisiksi suorittaa laitteen käyttäjän toimesta.

Toteutuvassa laitteessa liimausvälinsäätö tehdään manuaalisesti anturin SE2 paikkaa säätämällä.

Liimauksen pitävyyteen vaikuttaa ensisijaisesti kuumaprässäyksessä käytettävä lämpötila, kesto aika ja paineilmasylinterin paine. Lämpötilansäätö voidaan suorittaa suoraan OMRON E5EN-lämpötilasäätimen käyttöpaneelilta. Paineilmasäätöä ei yleisesti käytetä liimauksen pitävyyden säätönä. Prässäyksen kesto aikaa laitteessa ei käyttäjä voi säätää.

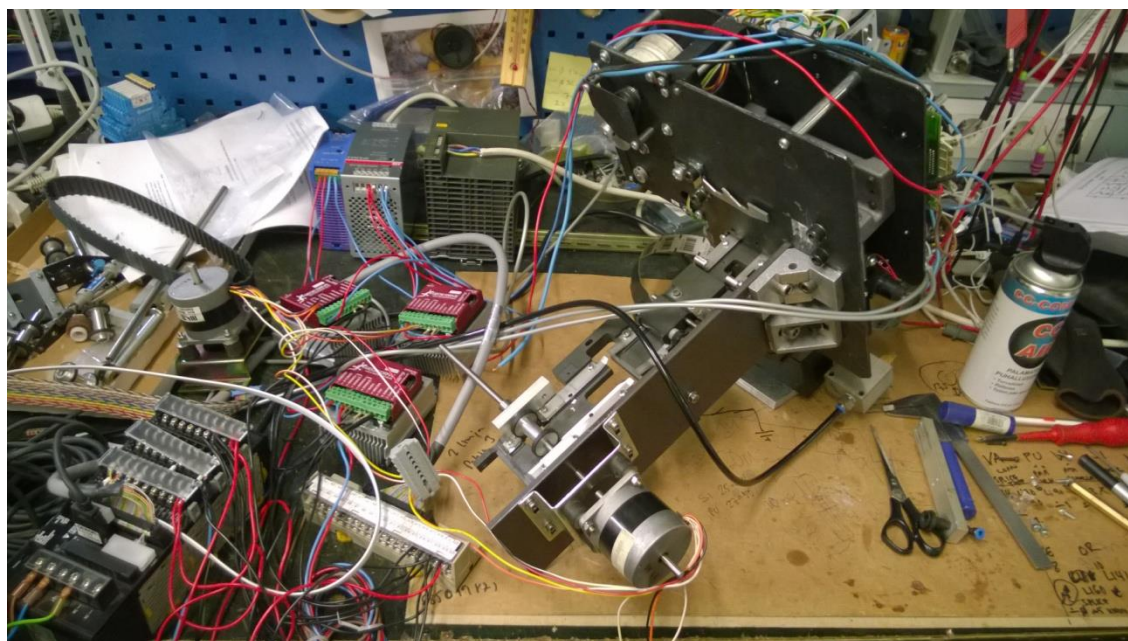


## 6 Mekaniikka- ja sähkösuunnittelu ja kokoonpano

### 6.1 Menetelmät

Laite kasautuu tiettyjen välttämättömien yksiköiden sijoittelun sanelemana. Huollettavuuden ja vikatilanteiden kannalta on tärkeää, että huoltoasentoonsa eteenpäin avautuva splice-teippiyksikkö pystyy aukeamaan riittävästi osumatta pöytäpintaan. Laite tulee pöydälle, joten laitteen korkeutta ei tule kasvattaa kovinkaan paljon. Yksittäisenä korkeahkona ja painavana moduulina kuumaliimaprässi ja splice-teipin syöttöyksikkö tulisi asentaa mahdollisimman matalalle. Tällöin laitteen runkona toimisi muutama millimetri pöydän pinnasta 90 mm leveä ja 45 mm korkea alumiini profiili, jonka päälle painava yksikkö kiinnitettäisiin kulmapaloin. Alumiiniprofiilipalkin päihin asennetaan poikittaiset palkit, joissa korkeudensäädöllä varustetut jalat.

Jo kokoonpanon ensivaiheessa pyritään tutkimaan askelmoottorien toimintaa siirtorullien asennusvaiheen aikana (Kuva 9). Tällöin kyetään testaamaan moottoreilla suoritettua filminsiirtoa ja suorittamaan osien tarkempaa kohdistusta.

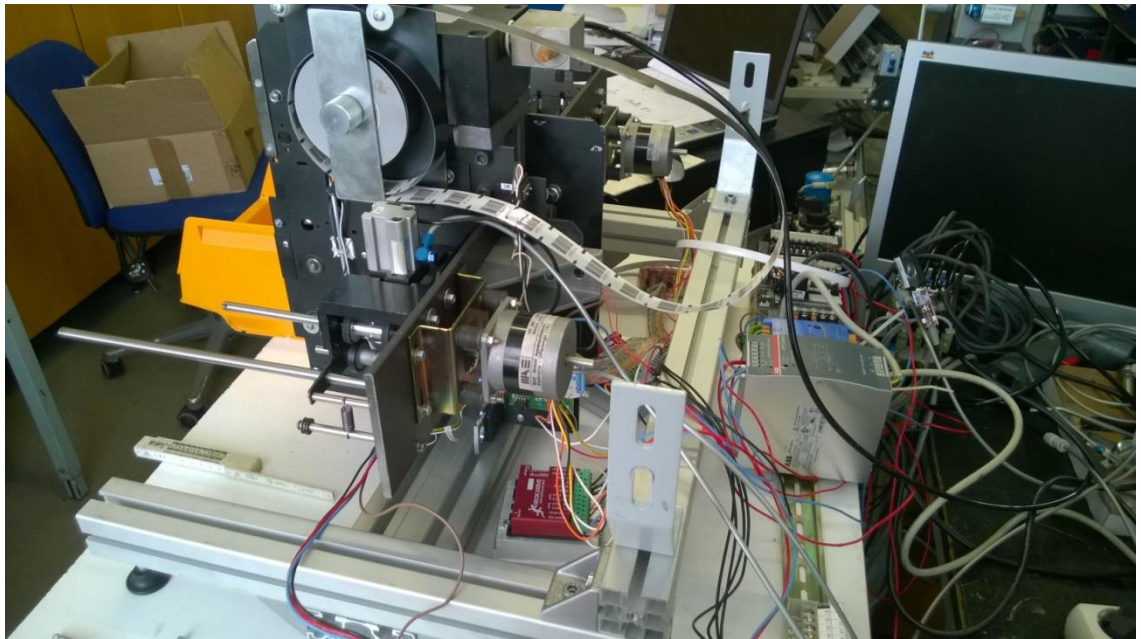


Kuva 9. Kuvassa suoritetaan juuri kasatun filmiradan toiminnan tarkastelua. Askelmoottorit on kytkettyinä testejä varten moottoriohjaimiin ja logiikkaan.



Rakentaen ja ohjelmoiden edetään useassa kohtaa projektia erityisesti elektroniikan osalta rakennusvaiheen aikana. Käytännössä näin kyetään hahmottamaan ohjelmalta ja laitteelta vaadittavien toimintojen keskinäisiä suhteita.

Kaikki ohjauksien sähkökomponentit askelmoottoriohjaimia lukuun ottamatta pyritään kiinnittämään DIN-kiskoihin. Laitteen takaosaan kiinnitetään kaksi pitkittäistä alumiini-profiilia, joihin asennettuihin DIN-kiskoihin komponentit voidaan asentaa, kuten kuvassa 10 näkyy.



Kuva 10. Kuvassa rakenteilla olevan liimauslaitteen elektroniikan asennuksen suunnittelua. Pöydällä DIN-kiskoon kiinnitettyjä virtalähteitä ja PLC. Askelmoottorit tässä vaiheessa vielä näkyvillä.

## 6.2 Mitat ja mitoittaminen

Laitteen leveys määräytyy olemassa kuumaprässiyksikön ja molemmin puolin tulevien filmiratojen mukaisesti.

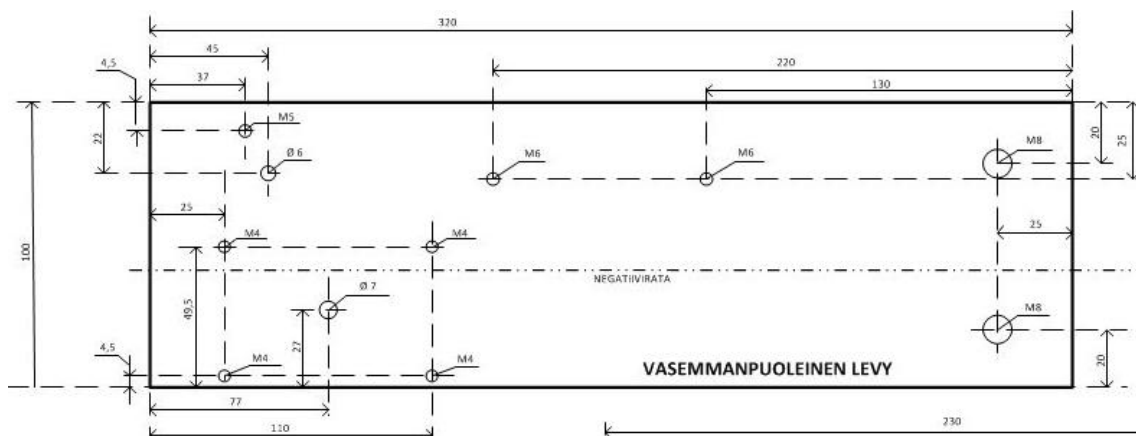
Liimauspääyksikön molemmille sivulle asettuvat radanosat määrittävät laitteen leveyden. Liimauspääyksiköstä eteenpäin ulkoneva splice-teippiyksikkö, taaksepäin askelmoottorit kiinnikkeineen, logiikan ja olemassa olevien virtalähteiden ulottuvuudet määrittävät syvyys suunnan mitat.

Rakennettava laite mahtuu hyvin normaalille työpöydälle, jättäen tilaa työerienhallintapääteelle sekä viivakoodinlukijalle, tulostimelle ja muullekin materiaalille.

Kelausyksikkö tulee asettumaan loppuvaiheessa laitteen oikeaan pätyyn filmiradan jatkeeksi pienentäen näin tarvittavaa pöytäpinta-alaa ja antaa laitteesta hieman keveämmän vaikutelman.

Näin laitteen mitoiksi tulee leveyden osalta 65 cm, syvyydeltä 45 cm ja korkeudelta 48 cm. Laitteen kokonaispainoksi arvioidaan jo tässä vaiheessa arviolta 40 - 50 kg.

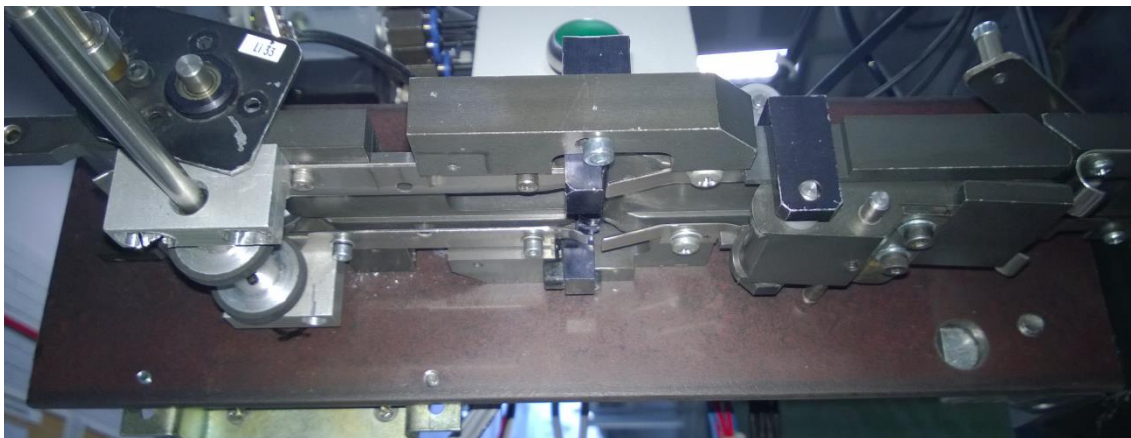
Laitteen ”rungon” saatua muotonsa filmiradan ja valittavien askelmoottorien kiinnityksi- en suunnittelussa huomioitavana on riittävä jäykkyys ja filmirataan tulevien kiinnityksien tukevuus. Saatavilla olevista materiaaleista valikoituu käyttöön 100 mm x 6 mm teräs levy. Levyyn mitoitetaan ja koneistetaan tarvittavat kiinnitysreiät joista osaan tulee myös kiertet. Kuvassa 11 vasemmanpuoleisen levyn mitoitukset.



Kuva 11. Filmiradan vasemmanpuoleisen asennuslevyn mitoitukset. Enin osa kyettiin tekemään sorvissa. Filmiradan asentamisen jälkeen muokkaaminen jatkui asennuspaikalla käsivaralta poraamalla.

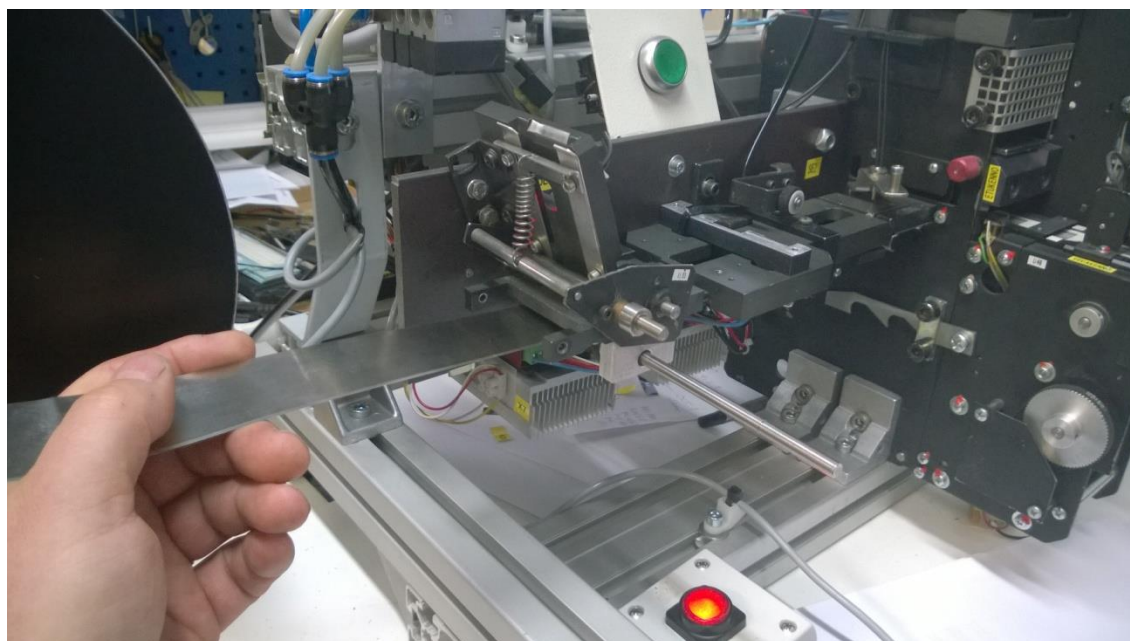
Koska saatavilla on vain irto-osia, vertailukohtana osien kohdistukset tarkistetaan ole- massa olevista Agfan liimauslaitteista. Radan ja askelmoottorien kiinnikkeiden paikat mitoitetaan levyihin. (Liite 4). Koneistuksen jälkeen levyt kiinnitetään molemmin puolin kuumaliimaprässä sen pystysivulevyihin alumiiniprofiilien kiinnitykseen tarkoitetuilla kulmapaloilla. Vasemmanpuolen runkolevyyn kiinnitetään filmirata.

Tämän jälkeen suoritetaan radan siirtorullien laakeripesien mitoitus, koneistukset ja askelmoottorien tarkempi mitoitus sekä kiinnitykset runkolevyyn.



Kuva 12. Filmiradan vasemmanpuoleiset asennetut osat alapuolelta tarkasteluna.

On tärkeää saada filmiradan kolme osaa kohdistettua tarkalleen linjaan. Tätä varten valmistettiin ohut filmin mitoilla tehty metalliliuska, joka toimii kohdistustyökaluna asennusvaiheessa. Kuvassa 13 nähtävää työkalua tulee käyttää myös myöhemmin radan kohdistuksen varmentamiseksi, jos siihen tulee tarvetta.



Kuva 13. Filmiradan kohdistuksessa käytettävä kohdistustyökalun tulee olla kevyehkösti työnnettävissä koko filmiradan läpi.

Askelmoottorit liitetään siirtorullien akseleihin alustavasti sopivalla letkuliitännällä, joka joustaa ja sallii hienosäädön ennen varsinaisten akseliiliitoksien tekemistä. Akselipak-suudet poikkeavat alkuperäisestä liimauskoneesta ja asennettavissa askelmoottoreissa on 6,35 mm:n ja akseleissa 6,0 mm:n akselihalkaisijat. Akselien koneistamisen sijaan tilataan 6,0 mm:n ja 6,35 mm:n HUCO-akselisovittimet [12]. Purkamalla kyseiset akse-lisovittimet osiin ja yhdistämällä eri akselikoon osat uudelleen yhteen syntyy sovite 6,35 mm ja 6 mm akselien liittämiseksi toisiinsa. Filmiradan syöttöpuolen jousikuormitteisten vastarullien kiinnityksien mitoituksen ja asennuksen jälkeen suoritetaan ulostulopuolelle vastaavat mitoitukset ja asennukset.

Akseleita ei katkaista, ennen kuin muun muassa. mitoitusvaraumat pulssianturien kiin-nittämiseksi vastarulliin selvitetään. Tämä selviää vasta testien ja koekäyttöjen jälkeen.

### 6.3 Elektroniikan sijoittelu laitteessa

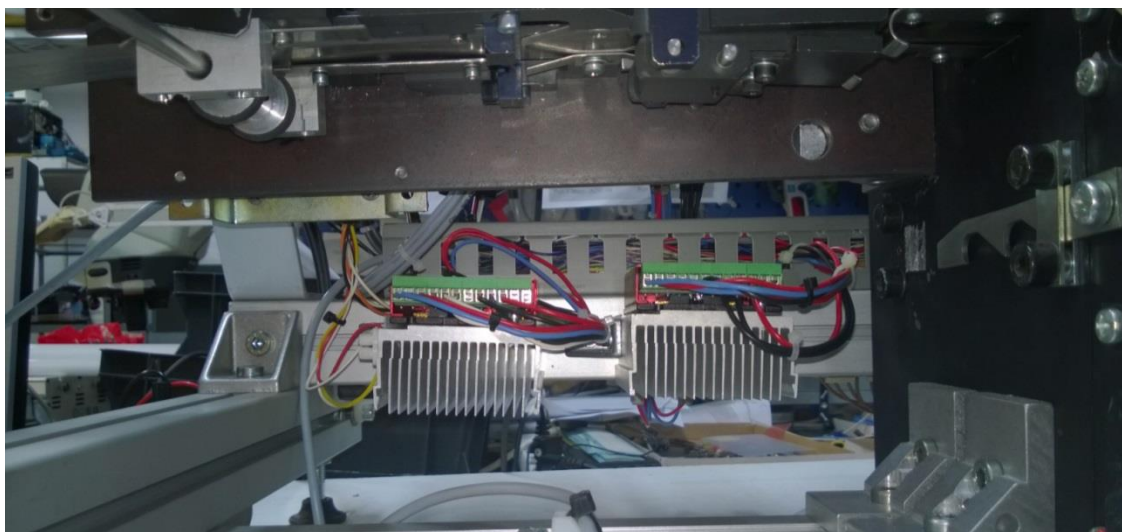
Kun filmiradan ja askelmoottorien asennukset on suoritettu, kyetään arvioimaan ohja-uselektroniikan, virtalähteiden, kytkentärimojen sijainti ja johdotuksien kulkureitit. Säh-kösyötön virtapiirien eriyttäminen muusta elektroniikasta tulee huomioida. Sähköisten osien suojakoteloitinta tehdään myöhemmin.

Elektroniikka päätetään asentaa kahteen kerrokseen DIN-kiskoille alumiiniprofiilien varaan liitteen 3 mukaisesti.

Näiden väliin asennetaan johtokourut vastakkaisille puolille profiilien väliin. Ylempään DIN-kiskoon tulevat kaikki elektroniset komponentit: virtalähteet, Omronin pulssilähtö-jen liitäntämoduuli ja Omronin logiikka moduuleineen. Alempaan DIN-kiskoon tulee verkkojänniterima pääkytkimineen, sulakkeet ja pienjänniteliitännät. Tyhjää tilaa mo-lemmille DIN-kiskoille jää muutamalle pienemmälle komponentille.

Askelmoottoriohjaimille löytyy asennuspaikka moottoreiden läheltä laitteen alaosasta, kuten kuvassa 14 nähdään.





Kuva 14. Geckodrive 201X -askelmoottoriohjaimille löytyi paikka radan alta, moottorien tuntu-masta. Jäähdytyksen kannalta askelmoottorit ja näiden ohjaimet sijaitsevat otollisesti laitteen väljässä tilassa. Laitteesta puuttuvat koteloinnit.

#### 6.4 Sähkönsyötön toteutus

Laite kytketään verkkovirtaan normaalilla suojakoskettimella. Laitteeseen asennetaan päävirtakytkin ja lasiputkisulake, joka on kokoa 5 A ja mallia T eli hidas. Komponenttien laitedokumenteista selviää komponenttien maksimivirrat, jotka on esitetty liitteessä 9. Mittaamalla selvitetään lämmitysvastuksen ja Agfa I/O-kortin virrankulutukset. Kukin jännitelähde ja Omronin logiikka erikseen saavat omat verkkovirran sulakkeensa. Jännitelähteissä on omat sisäiset suojaukset toisiopuolen oikosulun varalle. Sähköpääkaavio on esitetty liitteessä 6.

Päävirtapiirissä käytetään pääsulakkeelle asti 1,5 mm<sup>2</sup> johdinta. Muualla käytetään saatavilla olevaa 0,75 mm<sup>2</sup> johdinta, joka on ehkä turhan jämerää, mutta yksittäisien kytkentöjen määrä ei olekaan kovin suuri. Käyttökytkeisiin ja muihin useammalla johtimella toteutettaviin kytkentöihin käytetään moninapaista kaapelia, mikäli mahdollista.

Verkkovirran kotelointi jätetään myöhemmäksi laitteen keskeneräisyyden vuoksi.

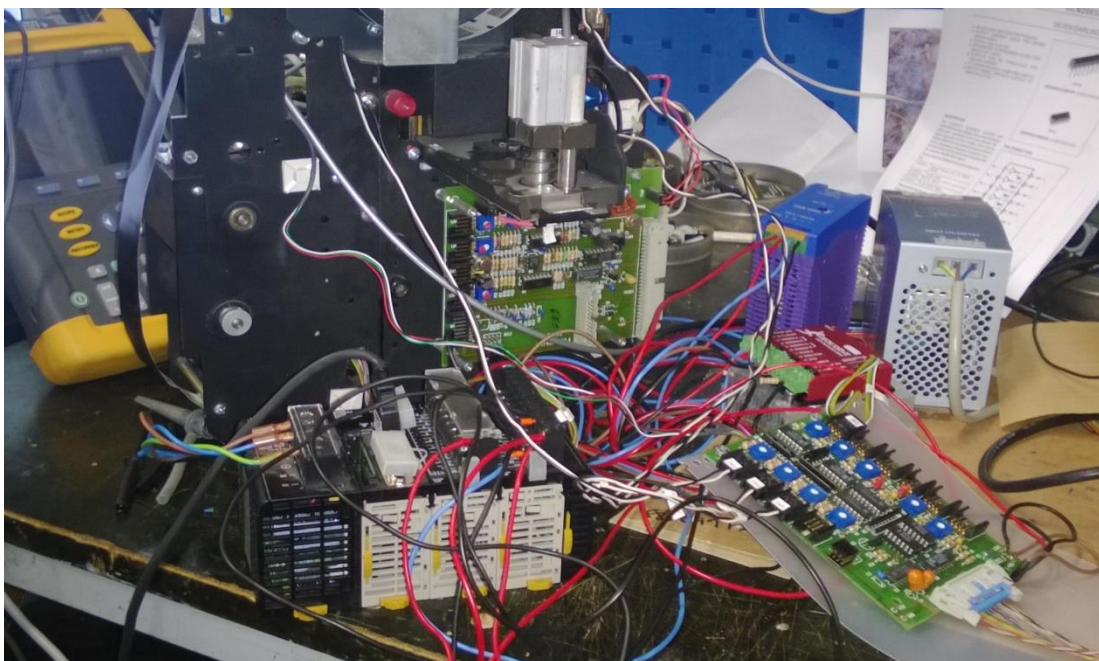
Käytettyjen komponenttien luettelo liitteessä 10 kattaa asennetut sähköiset osat.

## 6.5 Ohjauskytkentöjen ja elektroniikan kokoonpano

Filmiradassa filmin liikkeen tunnistamisessa käytetään valokuituja niiden helpon sijoittamisen johdosta. Alkuperäiset filmiradan infrapunakennot eivät kyenneet havaitsemaan läpikuultavaa kehitettyä filmiä. Sijoittamalla selkeillä näytöillä varustetut OMRON E3X-DA41 -valokuituanturit käyttäjän nähtäville kennojen tilan näkeminen helpottaa mahdollisen vian tulkintaa.

Alkuperäisestä Agfan liimauslaitteesta käyttöön otetaan CM+ 8.7462.8180.2 I/O -kortti (Liite 7), jossa on potentiometrisäädöt kullekin sisääntulolle. Näihin kytketään alkuuperäiset pienoiskytkimet splice-teipin loppumisanturoinnilta ja kuumaprässin ylä- ja alatunnistuksilta. Alkuperäiset splice-teipin etu- ja kohdistusviivakenno liitetään myös Agfan kortille. Kortissa käytetään sisäisesti 12 V tasajännitettä. I/O-kortilla on NPN- eli sink-tyyppiset liitännät ulostuloissa. Omronin PLC:ssä CJ1W-ID211-moduuli 1 on näin ollen kytkettävä NPN-kytkennässä + 24 voltin jännitesyöttöön. Kuvassa 15 Agfan I/O-kortille tehdyt koekytkennät.

START- ja STOP-painonapit kytketään myös NPN-tyyppisinä.



Kuva 15. Agfan liimauslaitteen I/O-kortin koekytkennät ja PLC:n I/O-moduulin NPN-inputtien ja I/O-kortin yhteistoiminnan tarkistaminen suoritettiin jo aikaisessa vaiheessa projektia.

Toinen digitaalinen tulomoduuli CJ1W-ID-211- moduuli kytketään PNP-tyyppisiä tuloja varten +0 V:hen. Tähän kytketään kolme filmiradan kennoa, rajatieto filmin lukitsemisen paineilmasylinteriltä, kuumaprässin lämpötilan ylärajahälytys ja turvakytkimen tilatieto kuumaprässistä.

OMRON E5EN-R3MTD-500-N- lämpötilasäädin kytketään lämpötilaohjauksen osalta samaan + 24 V jännitelähteen virtapiiriin, johon PLC:n muutkin anturit ja painonapit on kytketty. Lämmitysvastus kytketään säätimelle varattuun +24 V jännitelähteeseensä U1.

Geckodrive-askelmoottoriohjaimet liitetään ohjauksien osalta PLC:n 24 V:n jännitepiiriin ja kuormittuva puoli omaan moottoreille varattuun +24V jännitelähteeseen U2. KytKentä esitetty liitteessä 2. Ohjauspiireissä logiikan ja askelmoottoriohjaimien välissä tulee olla vähintään 1,6 k $\Omega$  vastus. Ohjaus toimii siten, että logiikan pulssilähdöt ovat NPN-tyyppisiä, joten ohjattavien askelmoottoriohjaimien COM-liitännät kytketään +24 V jännitteeseen.

Kelausmoottoriin asennetaan kuormituksen vähentämiseksi tehovastus. Kokeilun ja mittauksien jälkeen sopiva pyörimisnopeus, momentti ja maksimi virta saavutetaan asentamalla 40  $\Omega$  vastus sarjaan kelausmoottorin kanssa. Virranohjaus moottorille tapahtuu Omronin pienoisreleen K1 välityksellä. Vetokoe moottorilla tuotti noin 1,2 N:n voiman tyhjälle filmikelauspuolalle, M2-moottorilla siirtorullat lipsuvat noin 2 N:n vedolla.

Feston 5/2-paineilmaventtiilit kytketään logiikalle. Venttiilityyppi ei ole ideaalisin, mutta tulppaamalla ylimääräinen ulostulo venttiili toimii kuten pitääkin. Kaikki paineilmasylinterit ovat jousipalautteisia (Liite 5).

## 6.6 Askelmoottoriohjainten asetukset

Muun muassa Geckodrive:n sivustoilta saatava heidän ohjaimiin sovellettava ohje valistaa hyvin askelmoottoriohjauksen toiminnan perusteiden osalta [13]. Samoin vanhemman AIRPAX MV82801-P1:n verkkomateriaaleista saa komponentille soveltuvaa tietoa [14]. Geckodrive askelmoottoriohjaimet hallitsevat ns. microstep-ajon, jolloin virtakäyrät ovat siniaaltomaiset pienemmillä nopeuksilla pehmeämmän ja resonoimatto-





Taulukko 2. Käytettävien askelmoottorien ominaisuuksia [6][10]. Jännitelähteen minimi ja maksimi arvot laskettu Geckodrive-ohjaimen ohjeen mukaisesti [5, s.4].

Kohde liimauslaitteessa Valmistaja Tyyppi	M3 AIRPAX MV82801-P1	M1 ja M2 AMETEK HY200 2220 0100 BX08
Tarkkuus 1°/askel	7,5	1,8
Jännite V	5.0	75 (maksimi)
Resistanssi $\Omega$ / käämi	4,55	5
Pito momentti Ncm	29,8	69 (bipolaari- nen)
Virta A	1.0	1.0
Induktanssi mH	6	8.0
Johdinjärjestelmä	6	8
Jännitelähteet V	20 - 125	12 - 75
Tarkkuus	5 % = $\pm 0,33^\circ$	5 % = $\pm 0,09^\circ$

Geckodrive 201X:ssa virtarajat asetettiin minimiin eli 0,8 A:iin ja lepotilan pitovirran rajoitus päälle. Moottorien lämpötilojen ei tulisi nousta yli 70 °C, muutoin kytkentätapa tulisi muuttaa. Moottorit viilenivät tällä asetuksella muutamia asteita noin 40 °C:een.

AIRPAX MV80182-P1:n osalta muutos dipolaariseksi rinnankytkennäksi moottorin kaksi käämiä poistuisi käytöstä. Tämä vähentäisi moottorin vääntömomenttia, mutta splice-teipin siirrossa on käytetty alennusvaihdetta, joten ongelmaa tuon osalta ei mahdollisesti tulisi.

#### 6.7. Kelausmoottori

Kelausmoottoriksi valikoitui muutamista vaihtoehtoista monipuolinen 11,5:1-suhteen alennusvaihteella varustettu 24 V DC-moottori Pittman GM9213E236-R1 [11]. Sellaisenaan moottorin momentti oli liian voimakas, aiheuttaen filmin siirtoon nykäisyn moottorin käynnistyessä. Kelauksen alussa tyhjällä kelalla momentti oli liiankin suuri tuotta-

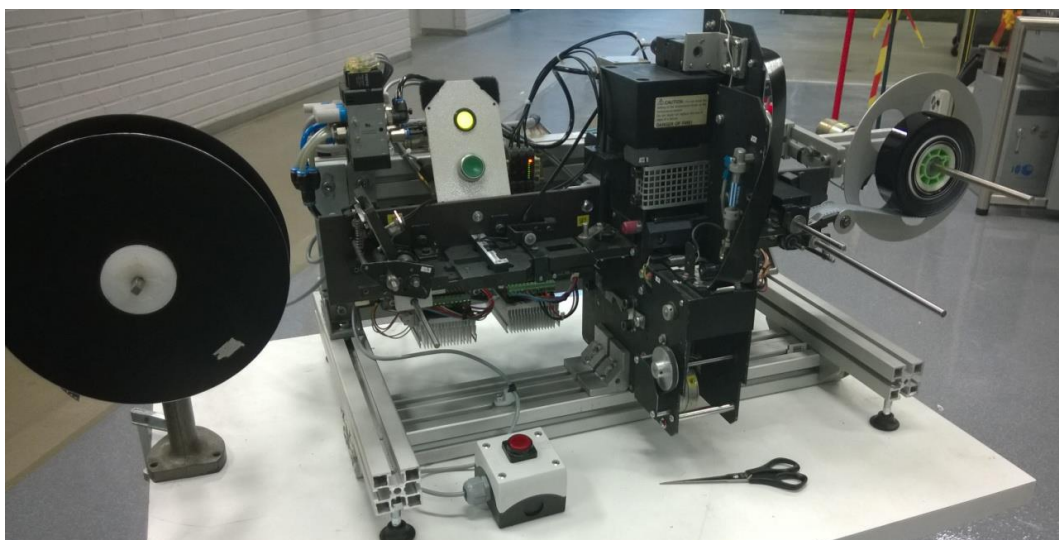
en hyvin kireästi kelauneen filmikelan alkuosan. Samalla moottorin vapaa pyörintänopeus oli erittäin suuri.

Kytkemällä moottorin kanssa sarjaan  $40\ \Omega$  tehovastus, moottorin aiheuttama käynnistysvaiheen kiskonta lieveni siedettävämmälle tasolle, aiheuttamatta turhaa vetoa ja pidon menetystä liimauskoneen ulostulon vetorullalle. Pakotettaessa moottori väkisin liikkumattomaksi myös suurin virtamäärä laski yli 4 A:sta noin 0,5 A:iin vastuksen avulla.

PITTMAN-kelausmoottori on DC-servo-tyyppinen. Moottoria voidaan ohjata myös Omronin PLC:n ominaisuuksiin kuuluvana PWM-ajona. Tällöin vääntömomentin säätäminen onnistuu paremmin ja tuloksena on tasaisempi, ilman nykäystä tapahtuva liikkeellelähtö.

#### 6.7 Mekaanisen kokoonpanon arviointi

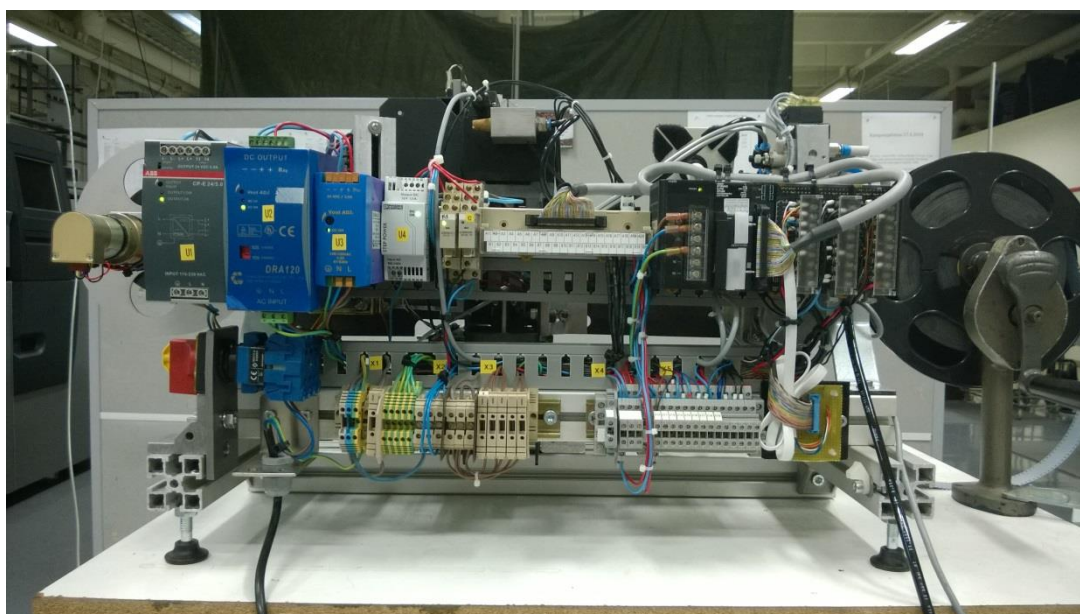
Laite vaikuttaa tässä vaiheessa kompaktilta (Kuva 17). Kokoonpano sujui hyvin suoraan viivaisesti osittain saatavilla olevien materiaalien sopivuudesta lähes aina juuri sen hetkisiin tarpeisiin. Mekaanisten osien työstö onnistui Ifolor Oy:n huollon työstökoneiden avulla. Laitteen lopullinen kotelointi riippuu materiaalien saatavuudesta ja luovuudesta.



Kuva 17. Filmiliimauslaite kuvassa lopullisessa testauskokoonpanossaan asennuspöydällä.

Paineilmasäädin sähköisesti ohjatun sulkuventtiilin ohella asennetaan myöhemmin laitteen takaosaan tai liimauslaitteen työpöydän runkoon. Toistaiseksi paineilma otetaan erillisestä paineilmaventtiili-yksiköstä, jonka on sulkuventtiiliä ohjaa liimauslaitteen logiikka.

Laitteen sähköisten osien ja mekaniikan suojaksi laitteen taakse tulee testauksien jälkeen rakentaa vaivattomasti poistettavat suojakotelot (kuva 18). Niillä myös selkeytetään laitteen ulkoista olemusta ja erotetaan laitteen käyttäjälle epäolennaiset osat näkymättömiin. Lisää kuvia laitteesta liitteissä 14–17.



Kuva 18. Liimauslaitteen takaosa, jonne koottu liki kaikki DIN-kiskoihin asennettavissa olevat ohjausvirtapiirin komponentit. Sähkönsyötön DIN-kiskon on syytä siirtää muoviseen asennusrasiaan.

## 7 Ohjelmointi

Ohjelmointikielenä käytetään ladderia. Fbd:n käyttö Omronilla edellyttää vähintään CJ1M-logiikan firmware versiota 3.0:n ja CX-ONE-ohjelmaa. Olemassa olevan CX-Programmer 3.3-versio riittänee kuitenkin ominaisuuksiltaan tähän ohjelmointityöhön, tällöin tosin ladderilla toteutettuna. Kuukauden lisenssillä saatavilla oleva CX-One otetaan käyttöön ohjelmointiön edetessä.

Ohjelmoinnin tietolähteenä käytetään Omronin CJ1M:n sekä CX-Programmerin käyttö-ohjekirjoja [eu.omron.com](http://eu.omron.com) sivustolta ladattuna [15,16,17]. Samoin kuin Omronin sivustoiltakin ohjatulle [mrPLC.com](http://mrPLC.com) sivustolta löytyviä keskusteluja on hyvä hyödyntää.

Hyvän tiivistelmän Omronin liikeohjauskäskyistä on koonnut [mrPLC](http://mrPLC.com)-sivustolla Jay Anthony [18].

Suunniteltavan laitteen toimintoja suunniteltaessa lähtökohtana käytetään AGFA 135 APS liimauslaitteen toimintaperiaatteita. Tällä tavoin vältetään riski tehdä jotain väärin. Samoin kuin tulee todetuksi, että ”pyörää ei tarvitse keksiä uudelleen”.

## 7.1 Logiikan käyttöönotto

Ennen ohjelmoinnin aloittamista asennetaan logiikan ohjelmointityökalu PC:lle.

Tämän vaiheen jälkeen, jossa asennetaan oletusarvoisesti kaikki ohjelmamoduulit, vuorossa on plc:n kokoonpano ja sen kytkennät sekä ohjelmointiohjelmassa uuden ohjelman luonti. Mahdollista on myös ladata aiemmin tehty ohjelma tai esimerkkiohjelma [eu.omronin.com](http://eu.omron.com) sivustoilta.

Logiikkaan kiinnitetään ne I/O-moduulit, jotka katsotaan laitteen toiminnan kannalta välttämättömiksi. Tässä tapauksessa virtalähdemoduulin lisäksi liitetään ja lukitaan salvoilla kaksi digitaalista input-moduulia CJ1W-ID211 ja yksi digitaalinen output-moduuli CJ1W-OD212. Lisäksi moduulipakan päähän tulee terminointimoduuli. Logiikan virtalähde PA-202 liitetään 230 V maadoitettuun verkkojännitteeseen suojakoskettimella. Liimauslaiteeseen asennettuna syöttöjännite tulee sulakkeen kautta X2-riviliittimeltä.

Ohjelman asennuttua valitaan ”File”-valikosta ”New” eli uusi ohjelma ja valitaan kytketty CPU-tyyppi aukeavista ikkunoista. On hyvä asettaa tässä valittu oletukseksi mahdollisia tulevia ohjelmia varten. Samalla valitaan oikea kytkentätapa PLC:lle. Driver-valikosta löytyy käytettävän sarjapostin asetus. Myös tämä on syytä asettaa oletusarvoiseksi.

Seuraavana liitetään kaapeli PC:n ja PLC:n välille. Käytössä on kaapeli, jossa on RS-232-liitin PC:tä ja toisessa päässä peripheral-liitin PLC:tä varten. RS-232-USB-adapteri toimii myös, jos PC:ssä ei ole sarjaporttia.

Ohjelman PLC-alasvetovalikosta valitaan *"Work Online"* ja hetken päästä yhteys on luotu.

Jotta ohjelma toimisi oikein, on oikea hardware konfiguraatio haettava PLC:ltä, jolle itse luo PLC:hen liitettyjä moduuleja I/O-aulukkuun. Haetaan I/O-aulukko *"I/O-table and unit setup"* PLC:ltä *"Transfer from PLC"* ja *"Main Rack"*-osioon ilmestyy logiikkaan liitetyt moduulit. Tarkistetaan ja tallennetaan ohjelmapohja antamalla sopiva nimi näin syntyville .cxp ja .opt tiedostoille.

Ohjelmointi työ voi alkaa.

## 7.2 Tutustuminen ja testaukset

CJ1M-CPU22 logiikan ja muiden komponenttien tavarantoimituksien tapahduttua kytetään suorittamaan kappaleen 7.1 mukainen logiikan käyttöönotto ja testaamaan logiikan toimintoja askelmoottorin ohjaamiseksi. Kokoonpanovaiheen ollessa kesken moottoreiden ohjauksien hallintaa harjoitellaan tekemällä tarvittavat kytkennät työpöydällä. Laitteen rakentamisen edetessä lomittuvat ohjelmointi ja rakentaminen toisiinsa.

Alkuvaiheessa kytketään aiemmin logiikan valinnan myötä tehdyt moottori-ohjainjohdotukset logiikan mukana tulleet pulssiliitäntöjen liitäntämoduuliin. Omronin CJ1M-CPU22:ssä on käytettävissä nopeat pulssiohjaukset kahdelle askel- tai servomoottorille. Moottoriohjat saavat logiikalta tällöin erikseen pulssi- ja suuntasignaalit. Ohjelman timereilla ja tavanomaisilla digitaali- lähdöillä ohjattava splice-teipin siirtomoottori kytketään myös liitäntämoduulin kautta logiikkaan. Kyseiset lähdöt toimivat vaihtoehtoisesti myös PWM-tilassa. Kelausmoottorin käyttämiseksi on näin ollen olemassa vaihtoehtoinen ohjaustapa.

CX-Programmerilla tehdään koeohjelmia, joilla nopeuden, suunnan ja paikoituksen, kiihdytyksen ja hidastuksen asetuksia voidaan muuttaa halutuiksi. Käskynä käytetään @PLS2(887)-käskyä, jolle voidaan monipuolisesti asettaa parametrit MOV(021)-

käskyllä ja ajattaa moottoreita itsenäisesti toisistaan riippumatta. @PULS(886)-askelmääräkäskyllä, @SPED(885)-nopeuskäskyllä ja @ACC(888)-kiihdytyskäskyllä voidaan ohjata yksinkertaisemmin vähemmällä parametreilla. @-merkki käskyjen edessä tarkoittaa, että käsky suoritetaan vain kerran meneillään olevan syklin eli ohjelma-kierron aikana. Muutoin moottori saattaa jäädä pyörimään määräämättömäksi ajaksi. @INI(880) keskeyttää pulssiulostulot ilman hidastamista.

Siirtorullien pyörintäsuunnat tulevat olemaan syöttöpuolella myötäpäivään ja kelauspuolella vastapäivään, kun filmiä siirretään kohti kelausta. Täten moottorien suunta-asetukset *parametreissa* ovat päinvastaiset samansuuntaisissa filmin siirroissa.

### 7.3 Liimauslaitteen ohjelmoinnissa käytetyt menetelmät

Moottorien pulssiohjaus on uusi asia ohjelmoinnissa insinööriyön tekijälle, joten kun joidenkin käskyjen toimivuus pelkässä askelmoottoriohjauksessa ei ole toteutettavissa, tuottavat ne outoa ohjelman ja moottorien käyttäytymistä.

Ohjelmointia helpottaa selkeä jäsentely ja käskyjen johdonmukainen nimeäminen ja numerointi ohjelmointityön edetessä.

Kuten liimauslaitteen toiminta, myös tuleva ohjelma jaetaan ja section-nimellä kulkevat osaohjelmat nimetään kunkin toiminnon mukaisiksi selkokielisiksi erillisiksi osaohjelmiksi, kuten liitteen 12 taulukko 1 esitetään. Ohjelman teossa keskitytään aluksi laitteen perustoimintoihin. Liimaustoiminnon toimittua toivotulla tavalla voidaan siirtyä myös merkkivalojen ja häiriötilanteiden aikaisen toiminnan suunnitteluun ja ohjelmointiin liitteen 11 mukaisesti. Vielä keskeneräistä symbolilistausta esitellään liitteen 12 taulukoissa 2 – 5.

Ohjelma toteutetaan käyttämällä SET- ja RSET-piirejä, ajastimia ja laskureita askelmoottoreita ohjaavien käskyjen lisäksi.

### 7.4 Liimaus-ohjelman jakaminen toiminnallisiin osiin

Työ aloitetaan laitteen käynnistyksen, että liimausjaksojen yhteydessä suoritettavien rutiinien ohjelmoinnilla. Tämän jälkeen siirrytään filmin syöttöohjelman pariin, jota seu-

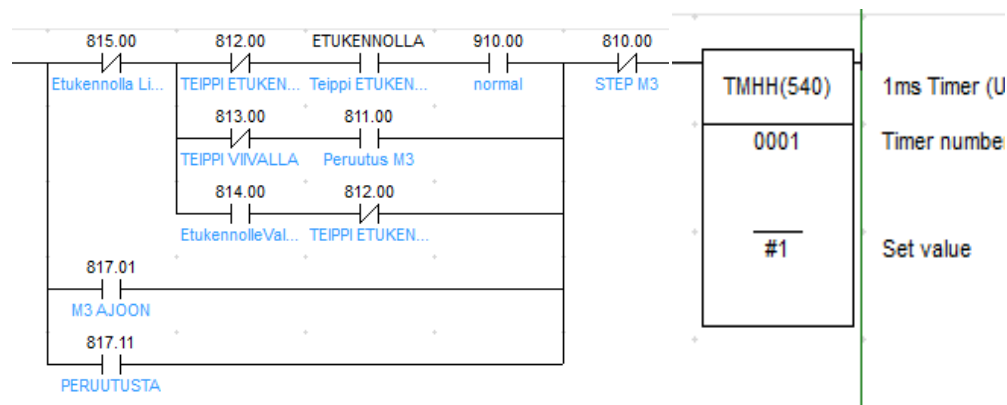
raa negaradan materiaalien ja splice-teipin kohdistaminen liimausta varten. Liimauksen tapahduttua materiaalit ajetaan pois radalta radan viimeiselle kennolle ja suoritetaan splice-teipinsyötön alustus uuteen liimaukseen.

Käynnistys, pysäytys, uudelleenkäynnistys, kunkin vian tai poikkeuksen syntymisen ehdot ja näistä seuraavien ilmoitusten valomerkkikoodaus ja mahdolliset häiriön poistoa helpottavat moottoritoiminnot tehdään omiin ohjelmalohkoihin.

Filmin ja splice-teipin siirtojen ja kuumaprässäyksen kannalta olennaiset laitteen osat on kuvattu liitteessä 1.

#### 7.4.1 Splice-teippiyksikön alustusohjelma

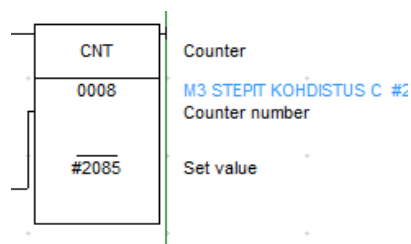
Splice-teipin syöttö alustus aloittaa splice-teipin syötön moottorilla M3 ja varmistaa oikean leikkauskohdan löytämisen ajattamalla teippinauhan etupää ensin etukennolle ja peruuttamalla takaisin leikkausmerkin viivakennolle (Kuva 19).



Kuva 19. Splice-teipin alustusajoa etukennolle ja peruutus lähimmälle splice-teipin viivalle ja takaisin etukennolle mutta laskurilla askellusta laskien. Askellus toteutettu ajastin parilla.

Tämän jälkeen laskuri eli counter 0008 laskee askelmoottorille lähtevät pulssit viivakoodin luvun jälkeen. Teippinauhaa ajetaan etukennolle liimausvalmiuteen. Askellettu määrä jätetään muistiin, jäljelle jäävä osa jää kuumaprässäysvaihetta varten.





Kuva 20. 2085 askellusta viivakennolta asettaa splice-teipin oikeaan leikkautumiskohtaan

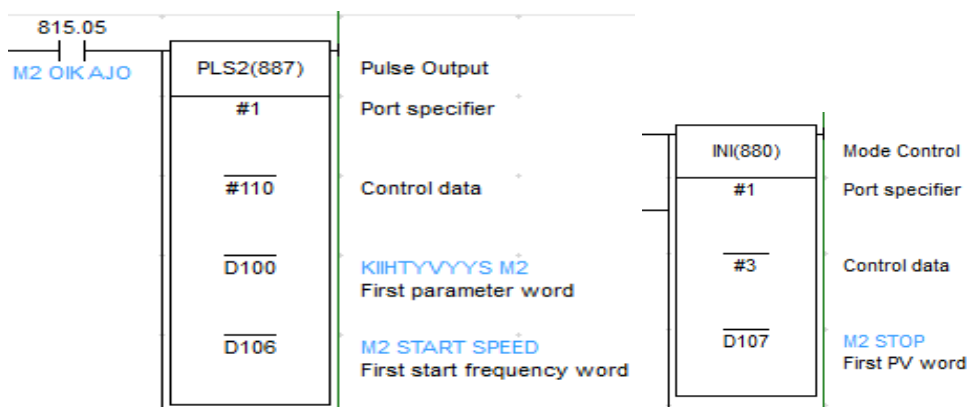
Splice-teipin leikkauskohdan kohdistukselle on ohjelmallisen asetuksen lisäksi viivakennon mekaanisen säädön mahdollisuus.

M3 splice-teipin askelmoottoria pulssitetaan ultra high speed -timereista tehdyllä RS-kiikulla.

#### 7.4.2 Filmiradan alustusohjelma

Alustettaessa mahdollinen materiaali ajatetaan pois radan kennoilta SE1, SE2 ja SE3 kelaukseen suuntaan moottori M1:llä ja M2:lla. Kennon SE3 vapautuessa M1 ja M2 pysäytetään rampilla ja M2 peruuttaa filmiin/vetonauha kennolle SE3 odottamaan liikemausta. Mikäli materiaalia ei ole radalla, M2-moottori peruuttaa jatkuvasti odottaen liitettävän materiaalin syöttöä kennolle SE3 jolloin pysäytys toteutetaan ilman ramppia.

Käskyinä käytetään pulssinohjauskäskyä PLS2(887) ja pysäytyskäskyä INI(888) (Kuva 20).



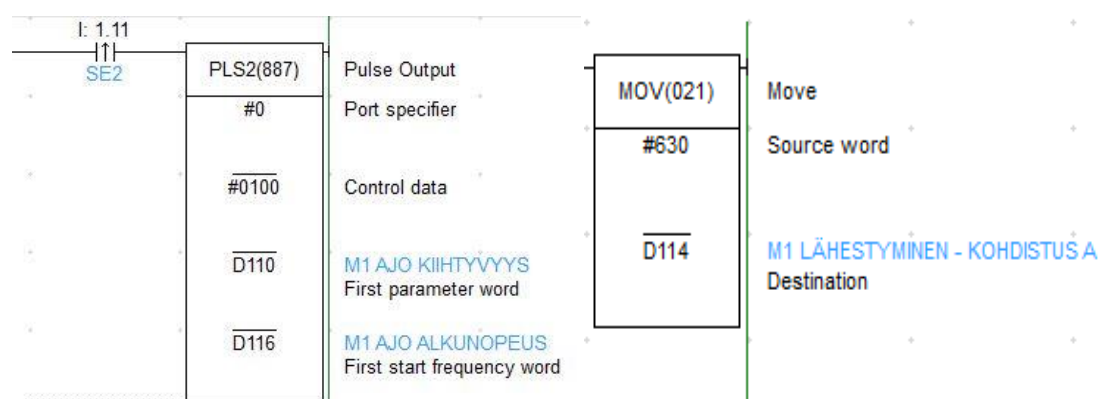
Kuva 21. PLS2-käskyllä 1-pulssilähtö eli M2-moottori tekee halutun määrän askelia. @INI-käskyssä pulssien muodostus keskeytetään ”#3”:lla, jolloin moottori pysähtyy. Liikkeen ei ole syytä olla kohtuuttoman suuri äkkipysäytyksen johdosta.



Laitteen alustus on suoritettu.

#### 7.4.3 Normaali ajotila

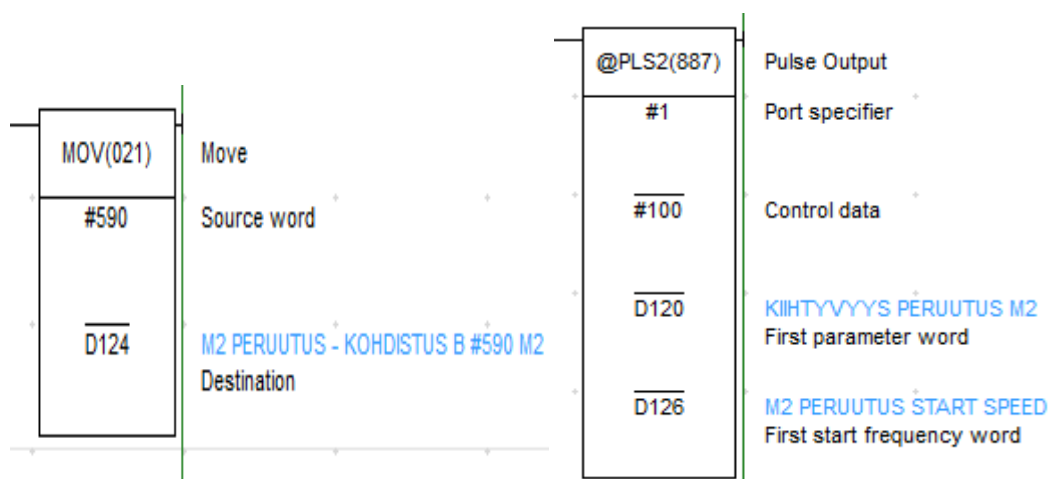
Filmiradalla ennen kuumaprässiä olevat kennot SE1 ja SE2 tulevat olla vapaina ennen filmin syöttämistä. Alla olevan kuvan 22 käskyillä filmin syöttyessä syötettäessä radalla filmianturi SE2 muuttaa @PLS2-käskyllä siirtomootorin M1 ohjausta ja filmi paikoittuu ohjelmassa asetetun askelmäärän mukaisesti prässäysalustalle. Taustalla samanaikaisesti käynnistyvät M2-moottorilla peruutusajo ja splice-teipin ajo M3-moottorilla prässäysalustalle.



Kuva 22. Kuvassa ehto I/O-tulo 1.11, eli SE2-kenno muuttaa pulssilähtöön 0 liitetyn M1-moottorin filmin syötön aikaista toimintaa. MOV-käskyllä siirretty HEX-arvo 630 parametrille D114 parametrisarjaan D110 – D116 määrittää tarvittavan askelluksen prässäysalustalle.

#### 7.4.4 M2 Peruutus prässäysalustalle

Filmin syöttyessä radalla suoritetaan kennon SE2 asettamana odottavan filmin tai vetonauhan peruutus prässäysalustalle SE3-kennolta yksittäisellä @PLS2-käskyllä kuvan 23 mukaisilla käskyillä.



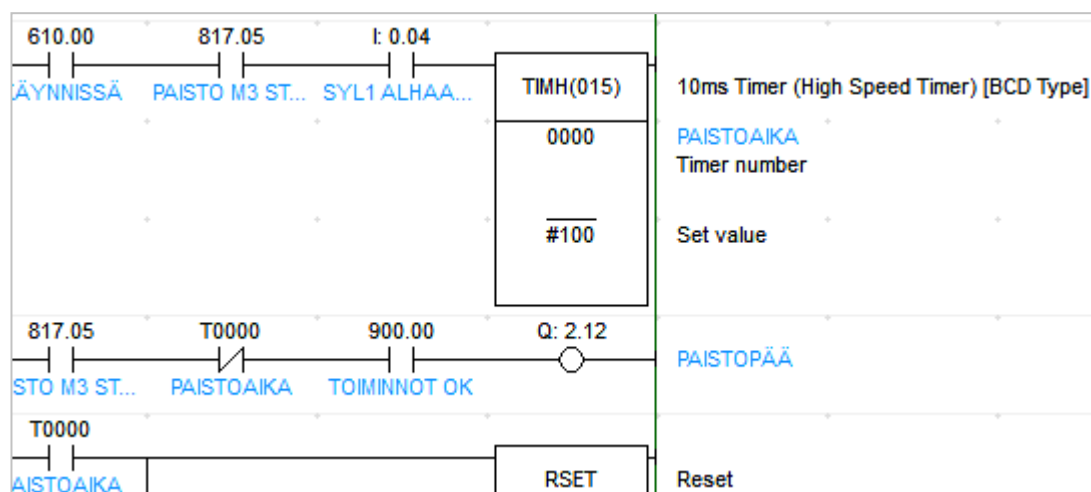
Kuva 23. Kuvan MOV-käskyllä asetetaan askelmäärä 590 D124-parametrille @PLS2(887):n parametrisarjaan D120-D126. @PLS2(887) toteuttaa askelluksen prässäysalustalle.

#### 7.4.5 M3 Splice -teipin siirto prässäysalustalle

SE2-kennon havaittua radalla syöttyvän filmin, paikoittaa myös M3-moottori splice-teipin laskurissa jäljellä olevien askelien verran prässäysalustalle

#### 7.4.6 Kuumaprässäys

Kaikkien kolmen liimattavan materiaalin saavuttua kuumaprässäysalustalle aktivoituu prässäys-ohjelma. Prässäysajastin käynnistyy paineilmasylinteri painassa liimauspään alas ja liimauspään tavoittaessa alaraja-anturin, katkaisten samalla splice-teipin pätkän liimattavien materiaalien päälle (kuva 24). Varmistuksena liitteen 12 kuvassa 1 näkyy turvakatkaisimen ohjelmallinen mukanaolo kuumaprässäyksen turvallisen toiminnon varmistamiseksi. Prässäyksen paineilmasylinterin sähköinen ohjaus kulkee myös turvakatkaisimen kautta.



Kuva 24. Kuvassa kuumaprässäyksen yhden sekunnin ajastin. Prässäysajan asettaminen mahdollista vain ohjelmoimalla. Tätä puutetta kompensoi lämpötilansäätö, jonka avulla kyetään muodostamaan sopiva liimautumisen pitävyys täysin riittävällä tarkkuudella.

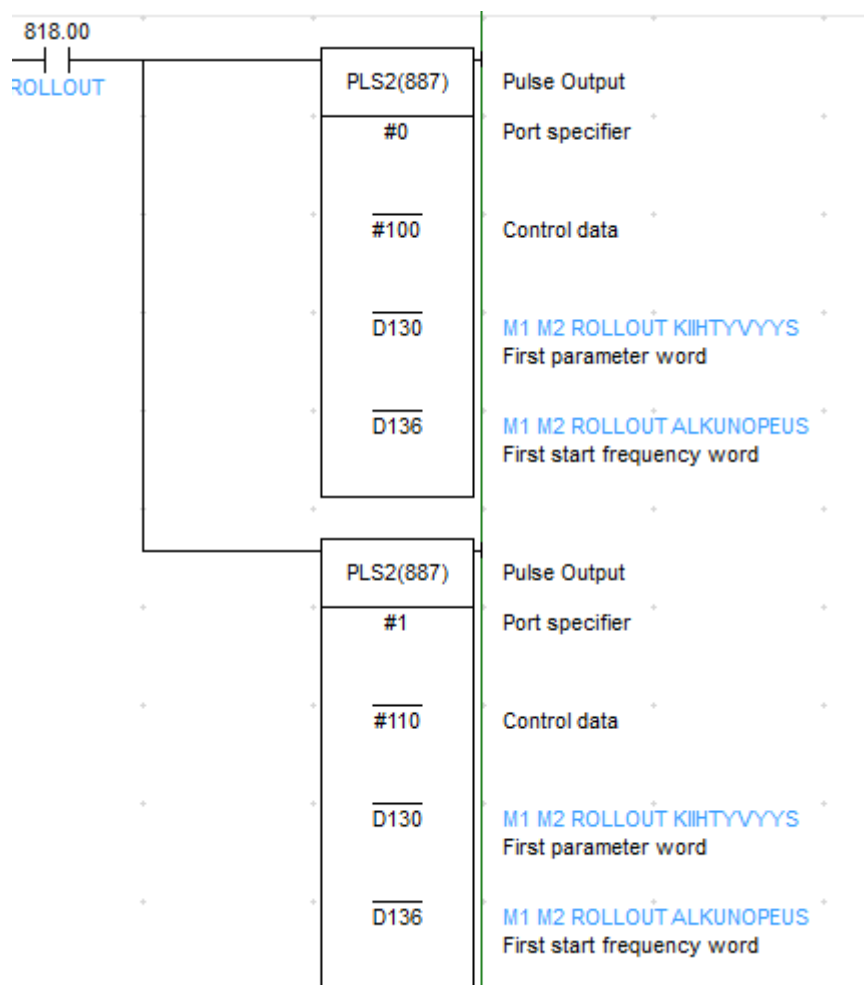
#### 7.4.7 M3 Splice -teipin peruutus

Kuumaprässin ajastimen päädyttyä nolnaan, käynnistyy moottori M3. Splice-teippi peruutetaan etukennolle ja viivakennon kautta takaisin alustuen samalla uudelleen seuraavaa liimausta varten. Laskurin laskiessa askelia siirron aikana etukennolle, jonne splice-teippi jää valmiuteen seuraavaa liimausta varten

#### 7.4.8 M1 M2 Uloskelaus

Lopuksi molemmat moottorit M1 ja M2 siirtävät yhteen liimatun materiaalin ulos käynnistyneelle kelausmoottorille M4. Kennot SE1, SE2 ja SE3 vapautuvat järjestyksessä. Kennon SE2 vapautuessa moottori M1 pysäytetään ja lopuksi kennon SE3:n vapauduttua myös M2-moottori. M2-moottorilla suoritetaan lopuksi peruutus takaisin kennolle SE3.

Moottorien M1 ja M2 nopeusasetus uloskelauksessa on 3000 Hz. Tämä on riittävä takaamaan hetkelliseksi filminsiirron nopeudeksi 1178 mm/s. Hidastus ja kiihtyvyys ovat suhteellisen pitkiä pidentäen siirtoon kuluvaa aikaa, taaten kuitenkin varmemman filmin siirron ja paikoituksen.



Kuva 25. Filmin uloskelauksessa molempia moottoreita ajatetaan erisuuntiin. Huomaa control datassa oleva eroavaisuus. Veturullat ja moottorit ovat eri puolilla moottoreilla M1 ja M2, joten moottorien pyörimissuunnat ovat vastakkaiset.

On tärkeää viivästyttää juuri tehdyn liimauksen jälkeistä filmin siirto. Vielä kuumana splice-teippiliitos on hetkellisesti altis mekaaniselle rasitukselle, joten uloskelaus ohjelmassa odotetaan splice-teipin peruutuksen alettua ajastimen avulla sekunnin verran ennen yhteenliimatun materiaalin liikuttelua.

#### 7.4.9 Virhetilanteiden ohjelmat

Laitteen käytön aikaisia toiminta- ja virhetilanteita katsotaan olevan

- Normaali odotustila
- Normaali ajotila
- Splice-teipin loppuminen
- Lämpötila alhainen
- Liimausyksikkö lukitsematta
- M3 Alustus epäonnistui
- SE1 / SE2 Syöttörata ei vapaa
- M3 /Splice-teipin syötössä liimaukseen häiriö
- M3 / Splice –teipin peruutushäiriö
- SE1 / SE2 Uloskelauksen aikainen häiriö
- SE3 uloskelauksessa takaisinasetuksen häiriö.

Kukin ohjelmavaihe tarkistaa täyttyvät ehdot ja jos jokin väärä kennon tila tai ajastimella tai counterilla tarkkailtu tapahtuma ei toteudu tietyn ajan tai askelluksen kuluttua, siitä ilmoitetaan valomerkillä ja ohjelma pysäytetään.

Käytännössä mikä tahansa häiriö edellyttää laitteen saattamista alustettavaksi. Joissain tapauksissa, kuten lämpötilan alhaisuus kesken alkaneen liimauksen, ei ole syy pysäyttää liimausprosessia. Syntynyt splice-teipin liimauskohta on tarkistettava tämän tyyppisen häilytyksen yhteydessä ja selvitettävä esimerkiksi lämpötilan laskun syy.

Myöskään splice-teipin loppuminen kesken alkaneen filmin siirron ei ole syy pysäyttää liimausprosessia. Splice-teipin loppumisanturin aktivoiduttua teippiä on edelleen käytettävissä noin kymmenen filmin liimaamiseksi.

## 7.5 Laitteen toiminnan ilmoitukset

Laite ilmoittaa käytön aikaisista toimintatiloista merkkivaloin. Käytössä on kolme merkkilamppua:

- START-painikkeen vihreä valo vilkkuu virtojen kytkennän jälkeen. Tällöin painettaessa laite siirtyy ajotilaan, jossa liimauksen aloitus on mahdollista, mikäli mitään hälytyksiä ei ole syntynyt.
- Punainen SEIS-painikkeessa sijaitseva valo vilkkuu laitteen ohjelman havaitessa virhetoiminnon. Mikäli laite pysäytetään käyttäjän toimesta, punainen valo palaa kiinteästi.
- Vihreä, oranssi, punainen moniväri-merkkivalon värit muodostavat värikoodin, jolla ilmaistaan laitteen tilaa ajonaikana ja erilaisia laitteen havaitsemia virhetoimintoja.

Laitteen antamat moniväri merkkivalon ilmoitukset tapahtuvat liitteen 11 mukaisesti.

## 7.6 Käyttöpainikkeet

Laitteessa on minimoitu tarvittavien painikkeiden määrä. Painikkeiden toiminnot ovat seuraavanlaiset. START-painike käynnistää laitteen alustuksen virran kytkennän tai virheeseen keskeytyneen liimausprosessin jälkeen ja STOP-painike antaa välittömän @INI(888)-pysäytyskäskyn moottoreille, suorittaa RSET-käskyn ohjelman ajonaikaisille muistipaikoille ja keskeyttää ohjaukset paineilmasylintereiltä.

## 7.7 Käytettävyyden huomiointi valmiissa ohjelmassa

Rakennettu liimauslaite ei tarvitse normaalin käytön aikana lainkaan filmin liimausta edeltäviä toimenpiteitä käyttäjältä. Filmit syötetään laitteeseen, kun merkkivalo sen ilmoittaa. Splice-teipin lisääminen tapahtuu täysin samalla tavalla, kuin alkuperäisessä ja kelaatuneen kelan poisto on hyvin yksinkertainen toimenpide.

Laitteen pääasiallinen päivittäinen huoltotarve ja menetelmät on samat, kuin Agfan liimauslaitteessa: pääasiallinen tarve on puhdistaa splice-teipin leikkuuterä määrääajoin. Laite on helpompi siirtää tarvittaessa. Laitteen osat ovat paremmin esillä (riippuen toteutuvasta koteloinnista) ja siten helpommin tarkistettavissa, kuin Agfan liimauslaitteessa.

Laitteen vikailmoitus osuus liimauslaitteen ohjelmasta ei toimi kaikkien virhetilanteiden osalta. Ohjelman tämän osuuden tekeminen onnistuu mainiosti jonkin ajan kuluessa riippuen siitä mitä muuta ohjelmointitarvetta tulee esiin.

## 7.8 Kriittiset esiin tulleet kohdat ohjelmassa

Häiriötilanteissa saattaa ohjelmaan jääneet vajavaisesti asetetut SET- ja RSET-käskyt aiheuttaa tilanteen, jossa ainoa jäljellä oleva toimenpide on sammuttaa liimauslaiteesta virta. Suurin syy tähän on toistaiseksi vajavainen itse laitteen kaikkien mahdollisten toimintahäiriöiden tunnistus. Lisäksi ohjelman oma mahdollinen puutteellisuus tulee korjata. Näihin tulee korjaus ohjelmoinnin edetessä.

Toimintahäiriöiden tunnistamisen puutteellisuudesta huolimatta laitteen käyttö onnistuu tavoitteiden mukaisesti.

## 7.9 Johtopäätös

Ohjelmointi kokemuksesta ja koulutuksesta olisi selkeästi hyötyä ratkaisujen löytämisessä. Pelkillä SET- ja RSET-käskyillä laitteen ohjelmointityö vaikutti osin samantoistolta toistuvien samankaltaisten ohjelman osioiden johdosta. Fbd:llä olisi mahdollista tiivistää rakennetta itserakennettujen function blockien avulla.

Structured programs created with function blocks have better design quality

and require less development time [19, s.38].

Tämä edellyttää, että muodostetut function blockit ovat tosiaan ”universaaleja” liimausohjelman sisällä. Esimerkiksi merkkivalojen toistuva rakenne olisi kenties tiivistettävissä tällä menetelmällä.



Syntyi myös vaikutelma, että SET-RSET-käskyjen käyttö lähes ainoana ohjelman askelluksen ehtomuotona levittää ohjelmaa visuaalisesti vaikeasti seurattavaksi.

Askelmoottoriohjauksien osalta ohjelmoinnin haasteena oli monipuolisien parametroiden ja käskyjen oikeanlainen käyttö. Askelmoottorikäytöt ilman pulssiantureiden takaisinkytkentää edellyttää hieman rajoittuneemman käskykannan käyttöä.

Ohjelmoinnissa on kuitenkin saavutettavissa kaikki laitteen toiminnalle asetetut tavoitteet, kunhan ohjelmointityö saatetaan loppuun.

## 8 Laitteen testaus

Laitteen ohjelmoinnin edistyessä testattiin alustavasti laitteen perustoimintoja:

- filminsiirron toimivuutta
- splice-teipin pitävyyttä
- filmien kohdistusta
- askelmoottorien lämpenemistä

Ohjelmoinnin aikana perustoimintojen osalta päästiin hyvään lopputulokseen.

Käytettäessä kohtuullisia kiihdytys- ja hidastusramppeja sekä nopeuksia askelmoottorit kykenevät suorittamaan filmin siirrot ja paikoitukset virheettömästi. Moottorit lämpenevät enimmillään 50 °C:hen kuumentumatta kuitenkaan jatkuvassakaan pyörimässä.

Edellytykset tulevia tuotantotestejä varten täyttyivät tältä osin.

## 8.1 Tavoitteet, kohteet ja menetelmät testauksissa

### 8.1.1 Tavoitteet

Yleisesti tavoitteena on tuottaa laitteella filmikeloja tuotantoketjun seuraavaa vaihetta varten.

Laadulliset tavoitteet ovat:

- filmien naarmuuntumattomuus
- liimausteipin kiinnipysyvyys
- liimattavien materiaalien päiden kohdistus liimauksessa
- liimausteipin leikkautumisen tarkkuus
- filmikelojen sopiva kireys
- riittävä kapasiteetti.

### 8.1.2 Testattavat kohteet

- liimauksen laatu ja mahdolliset säädöt
- laitteenkäyttö ja perustoiminnot liimauksessa
- filmien syötön ja valmiin kelanpoiston ergonomia
- häiriötilatoimintojen ja merkkivalojen selkeys
- huoltoystävällisyys
- laitteen kapasiteetti.

### 8.1.3 Menetelmä

Menetelmänä testauksessa käytetään laitteen normaalia toimintatapaa liimaamalla testimateriaaleista useita keloja. Testattavana materiaalina käytetään vetonauhaa, perforoitua testinauhaa ja kehitettyjä filmejä. Filmit tarkistetaan ennen liimausta ja liimauksen jälkeen naarmujen varalta.

## 8.2 Tuloksien arviointi

Laite ei ehtinyt testattavaksi insinööriyön suorituksen puitteissa.

## 9 Laitteen tuotantokäyttöön oton edellytykset

### 9.1 Tuotantokäyttöön oton kannalta huomioitavat kohdat:

- Laitteen laadulliset ja perustoimintojen tavoitteet täytetty
- Laitteen toimintahäiriöiden ilmenemisen todennäköisyys arvioitu ja niiden ilmaiseminen sekä vaadittavat käyttäjältä edellytettävät toimenpiteet testattu
- Laitteen ohjelma oltava valmis. Puutteelliset toiminnot laitteen toiminta- häiriötilanteissa voivat aiheuttaa turhia vaurioita asiakkaiden liimattaviin filmeihin.
- Laitteen kotelointi.
- Laitteen sähköisten osien suojaaminen.

### 9.2 Johtopäätös

Laite ei ole valmis tuotantokäyttöön. Tuotantovalmiuteen saattaminen edellyttää puutteiden korjaamista ja tuotantotestejä.

## 10 Liimauslaitteen lisätoiminnot ja parannukset

### 10.1 Pulssiantureiden käyttö filminkulun varmistamiseksi

Liimauslaitteessa on valmius lisätä molemmille filminsiirron vastarullien akseleille pulssianturit varmistamaan filmin siirto ja paikoitus. Kuitenkaan normaalisti hyvin toimiva filminsiirto ei niitä tarvitse. Vain jonkin häiriön yhteydessä filmin siirron jatkuvasta tarkkailusta on hyötyä.

### 10.2 Filmiradan luuppi

Uloskelauksen aikana kahden moottorin yhtäaikainen, mutta jostain syystä epätasainen filminsiirto voi aiheuttaa kupruilua tai kiristymistä siirrettävässä filmissä. Tätä ei ole kuitenkaan havaittu ilmenevän. Ajamalla filmille luuppi ennen molempien moottorien yhtäaikaista uloskelausta ehkäistään tässä suhteellisen pitkäkestoisessa filminsiirrossa esiintyvät pienet eroavaisuudet. Filmiradanluuppi voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa. Yksi paineilmaventtiili ohjauksineen on valmiiksi kytketty tätä tehtävää varten ja filmiradan mekaniikasta löytyvät edelleen luupin muodostamiseen tarvittavat osat.

### 10.3 PWM-ohjaus ja servokäyttö kelausmoottorille

Mikäli kelauksessa ilmenee tarvetta tasata kireyttä, nykyinen DC-moottori on mitä soveliaim säädettyväksi kelan tasaisen kireyden saavuttamiseksi.

### 10.4 Viivakoodinlukijan luentakäsky

Uloskelausvaiheessa kuumaliimaprässäyksen jälkeen luetaan kelautuvan filmin splice-teipissä oleva viivakoodi. Luennan epäonnistuessa voidaan ohjelmallisesti estää seuraavan filmin liimaus, sillä käyttäjältä vaaditaan aina toimenpide työerätietojen täydentämiseksi työerä-tietokoneen päätteeltä. Tämän tietokoneen ohjelmisto muodostaa viivakoodinlukijalta saamastaan viivakoodista ja muista liimauksen yhteydessä syöte-tyistä tiedoista työerä- eli batch-tiedoston.

## 10.5 Äänimerkki

Laitteen normaalista poikkeavaa toimintoa tai tilaa voidaan ilmaista asennetulla piezosähköisellä äänisummerilla.

## 10.6 Kosketusnäytön lisääminen

Laitteen testaaminen tuotanto-olosuhteissa jäi tekemättä, joten näytön lisäämisen tarvetta ei voi arvioida.

## 11 Syntyneet kustannukset

Välittöminä hankintoja uusi ohjelmoitava logiikka liitäntämoduulin ja kaapelin kera, kuitukennot, lämpötilasäädin, askelmoottoriohjaimet ja pari akselisovitetta 12 V tasajännitelähde. Kustannukset luetteloituna taulukossa 3.

Taulukko 3. Hankittujen komponenttien hinnat

Komponentti	Hinta, alv 0 %
OMRON CJ1M-CPU22-logiikka	798,40 €
OMRON XW2D40G61-liitäntäterminaali	60,00 €
OMRON XW2Z100K-kaapeli	53,00 €
OMRON E3XDA41N2M-valokuituanturi, 3 kpl	813,00 €
OMRON E5EN-R3MTD-500 lämpötilasäädin	174,75 €
Geckodrive201X-askelmoottoriohjaimet, 3 kpl	380,20 €
HUCO-akselinivel, 2 kpl	43,30 €
Phoenix Contact, 12 VDC, 1A jännitelähde	39,85 €
Pakkaus- ja toimituskulut	60,00 €
<b>Yhteensä</b>	<b>2422,50 €</b>

## 12 Pohdintaa

Liimauslaitteen suunnittelu ja erityisesti kaikki rakentaminen edistyi joutuisasti. Filmi-pohjaisen kuvanvalmistuksen vähetessä uusien tuotantolaitteiden ja -menetelmien myötä purettujen laitteiden osista ja muusta rakennusmateriaalista ei ollut pulaa ja lähes kaikkea tarpeellista löytyi ja jos ei löytynyt, niin valmistettiin se mitä puuttui.

Ohjelmointityö sen sijaan aiheutti selkeästi vaikeuksia ja hidasti työn valmistumista ajallaan. Ifolor Oy:lla on myös menossa laajat tuotannon muutokset, joihin osallistuminen vei aikaa insinööri työn teolta. Viime hetken vaikeuksia tuli myös ohjelmointikäytössä olevan tietokoneen ja logiikan kaapelin hajoamisista juuri pitkän pyhän aattona. Ohjelmointityö keskeytyi useaksi päiväksi, vaikka varmuuskopiot olivatkin olemassa.

Viimeisin versio liimauslaitteen ohjelmasta löytyi itse PLC:ltä ja oli sieltä ladattavissa toimivaksi saatetulle PC:lle. Omronin PLC-logikka pystyy sisällyttämään myös koodin nimiöinnit ja kommentit sisäiseen muistiinsa CX-One:a käytettäessä. Seuraavaksi tosin meni umpeen CX-One:n kuukauden voimassa oleva lisenssi.

Liimauslaitteen liimaustoiminnot toimivat suunnitellulla tavalla. Askelmoottorien ohjelmointikäskyjen riittävä ymmärrys ensikertalaiselle syntyi osin aikaa vievästi yrityksien ja erehdyksien kautta. Käyttöohjeet eivät ole kovinkaan selkokieleisiä ja vaihtoehtojen laajuus ei nopeuttanut ongelmien ratkontaa. Vaikkakin varsinaisen liimausohjelman lisäksi ei ohjelmointia ehditty tehdä aivan loppuun häiriödiagnostiikan ja merkkivalojen ohjelmoinnin osalta, tulokseen insinööri työn projektiaikataulun osalta on syytä olla tyytyväinen. Ohjelmointityö on haastavaa, mutta antoisaa tämän laitteen parissa. Laite ehti tulla melkein valmiiksi tuotantotestaukseen itse insinööri työn puitteissa, koteloinnin tosin vielä puuttuessa.

On mahdollista, että liimauslaitteen siirtyessä valmistuttuaan tuotantokäyttöön, merkkivalon väreillä toteutettu toimintojen ja häiriötilojen ilmaisu ei ole kovinkaan toimiva. Tällöin on mahdollista lisätä liimauslaitteeseen Omronin NB-sarjan kosketusnäyttö. Tämän lisää kiinnostusta ohjelmointia kohtaan entisestään.

Toisaalta, jos laite toimii ilman häiriöitä, merkkivalojen vilkunnan jatkuva tulkinta jää vähäiseksi ja näyttöpäätteen lisääminen on turhaa.

Saattaa olla, että laitteita tehdään toinenkin kappale toimitettaviksi Ifolor AG:n tuotantoloihin Sveitsiin. Tällöin insinööriyön tulos käy mallikappaleesta ja insinööriyön kirjallinen aineisto käy työohjeesta seuraavaa rakennettaessa.

Kaiken kaikkiaan insinööriyöstä ja koko projektista jäi todella hyvä maku. Ei ollut lainkaan työn tekijälle yllätys, että sinnikkäällä mielellä ohjelmointityö onnistui ja liimauslaite tulee varmasti saamaan aikanaan paikkansa Ifolorin tuotannossa.

### 13 Käytetty työaika

Kokonaisuudessaan työaikaan kuluu noin 260 tuntia vaiheeseen, jossa ohjelmasta puuttuu osa vikadiagnostiikasta ja vikailmoitusten esiintuominen käyttäjälle, ohjelmakoodin siivoaminen ja koodiin sisältyvien kommenttien yhtenäistäminen (Taulukko 4).

Taulukko 4. Käytetty työaika

<b>Tehtävä</b>	<b>Tunnit</b>
Logiikan testaus ja valinta	30
Määrittelyt	15
Komponenttien hankinta	5
Suunnittelu / Koneistus	55
Kokoonpano / Johdotukset	40
Ohjelmointi / Testaukset	80
Kaaviot	35
Insinööriyön kirjoitus	70
<b>Yhteensä</b>	<b>330</b>

Insinööriyö ei pysynyt loppuosaltaan tiukan aikataulun omaavan projektisuunnitelman mukaisessa aikataulussa.

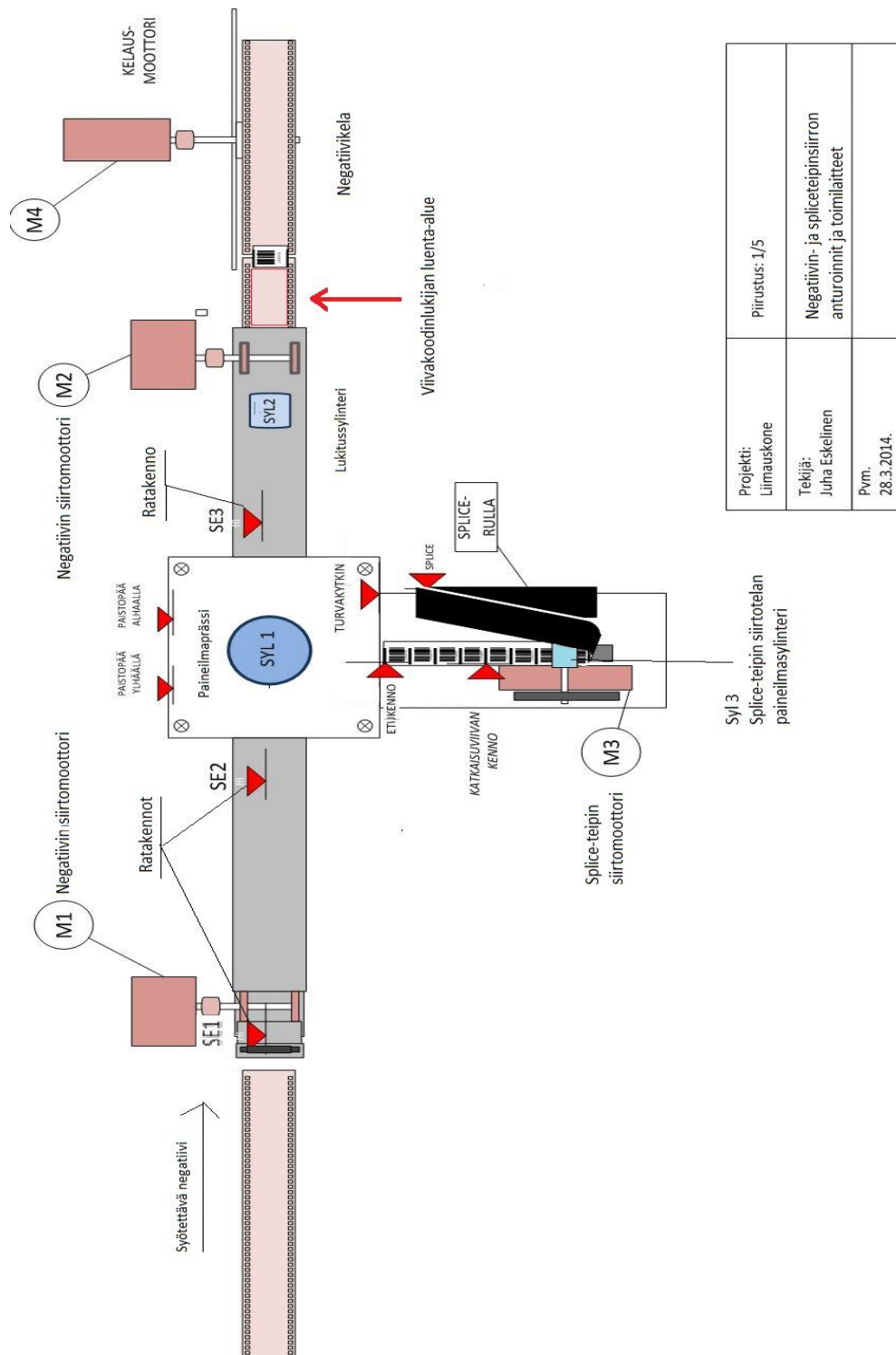


## Lähteet

- 1 LOGO! Käsikirja versio 0BA5. Verkkodokumentti. Siemens.  
<[www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelm  
oitavat\\_logiikat/logo/logo-kasikirja-versio-0ba5.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelm<br/>oitavat_logiikat/logo/logo-kasikirja-versio-0ba5.pdf)> s. 264, 394. Luettu 25.3.2014.
- 2 CPU CJ1M-CPU. Verkkodokumentti. OMRON.  
< [www.ia.omron.com/products/family/1638/specification.html](http://www.ia.omron.com/products/family/1638/specification.html)> Luettu 25.3.2014.
- 3 OMRON CJ1W-OD212. Verkkodokumentti. OMRON.  
<[www.ia.omron.com/data\\_pdf/data\\_sheet/cj1w-output\\_ds\\_csm1617.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/cj1w-output_ds_csm1617.pdf)> s. 22.  
Luettu 11.3.2014.
- 4 OMRON CJ1W-ID211. Verkkodokumentti. OMRON.  
<[www.ia.omron.com/data\\_pdf/data\\_sheet/cj1w-input\\_ds\\_csm1616.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/cj1w-input_ds_csm1616.pdf)> s. 7. Luet-  
tu 15.2.2014.]
- 5 G201X REV-6 Manual. Verkkodokumentti. Geckodrive, Inc.  
<[www.geckodrive.com/gecko/images/cms\\_files/G201X%20REV-6%20Manual.pdf](http://www.geckodrive.com/gecko/images/cms_files/G201X%20REV-6%20Manual.pdf)>  
s. 4, s.7. Luettu 2.2.2014.
- 6 Stepper-Catalog.pdf. Verkkodokumentti. AMETEK, Inc. <  
[www.ametekfsm.com/download/Stepper-Catalog.pdf](http://www.ametekfsm.com/download/Stepper-Catalog.pdf)> s. 12. Luettu 29.2.2014.
- 7 OMRON CJ1M-CPU22. Verkkodokumentti. OMRON. <  
[www.ia.omron.com/data\\_pdf/cat/cj1m-cpu2\\_ds\\_e\\_4\\_1\\_csm2075.pdf?](http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/cj1m-cpu2_ds_e_4_1_csm2075.pdf?id=1569)  
[id=1569](http://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/cj1m-cpu2_ds_e_4_1_csm2075.pdf?id=1569)> s.15. Luettu 12.3.2014.
- 8 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Verkkodokumentti. Edita Pub-  
lishing Oy. <<http://www.edilex.fi/saaduskokoelma/20080063.pdf>> Päivitetty  
12.6.2008. Luettu 16.3.2014.
- 9 Metsta teemasivut. Verkkodokumentti. METSTA.  
<[www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_teemasivut/artikkelit/index.php](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/artikkelit/index.php)> Päivitet-  
ty 12.11.2013. Luettu 22.3.2014.
- 10 AIRPAX MV82801-P1. Verkkodokumentti. AIRPAX.  
<[www.datasheetarchive.com/dl/Datasheet-013/DSA00225893.pdf](http://www.datasheetarchive.com/dl/Datasheet-013/DSA00225893.pdf)> Luettu  
29.2.2014.
- 11 PITTMAN. Verkkodokumentti. PITMAN Motors.  
<[www.precisionmotorworks.com/pdf/Pittman\\_GM87xx.web.pdf](http://www.precisionmotorworks.com/pdf/Pittman_GM87xx.web.pdf)> Luettu 29.3.2014.

- 12 HUCO UNI-LAT Coupler. Verkkodokumentti. Huco Engineering Industries Ltd. <[www.farnell.com/datasheets/74277.pdf](http://www.farnell.com/datasheets/74277.pdf)> Luettu 17.3.2014.
- 13 Step-motor-basics. Verkkodokumentti. Geckodrive, Inc. <[www.geckodrive.com/step-motor-basics](http://www.geckodrive.com/step-motor-basics)> Luettu 16.3.2014.
- 14 Thomson Airpax Mechatronics. Verkkodokumentti. AIRPAX. <[http://files.meetup.com/5851482/Airpax % 20stepper % 20motor.pdf](http://files.meetup.com/5851482/Airpax%20stepper%20motor.pdf)> Luettu 29.2.2014
- 15 W446-E1-14+CX-Programmer+OperManual.pdf. Verkkodokumentti. OMRON. <[www.myomron.com/NewOOPAdmin/fileBrowser.php?search=CX](http://www.myomron.com/NewOOPAdmin/fileBrowser.php?search=CX)> Luettu 22.3.2014.
- 16 CS/CJ/NSJ Series Instruction Reference Manual. Verkkodokumentti. OMRON. <[industrial.omron.eu/en/products/downloads](http://industrial.omron.eu/en/products/downloads)> Luettu 22.3.2014.
- 17 CJ1M/G/H CPU Units Operation Manual. Verkkodokumentti. OMRON. <[industrial.omron.eu/en/products/downloads](http://industrial.omron.eu/en/products/downloads)> Luettu 22.3.2014.
- 18 CJ1M Motion and Interrupts Quickstart by Jay Anthony. Verkkodokumentti. forums.mrplc.com <<http://forums.mrplc.com/index.php?app=downloads&showfile=268>> Luettu 30.3.2014.
- 19 CX-Programmer FB/ST Operation Manual. Verkkodokumentti. OMRON. <[industrial.omron.eu/en/products/downloads](http://industrial.omron.eu/en/products/downloads)> s. 38. Luettu 20.3.2014.

## Filmiradan ja splice-teippiyksikön pääkomponentit ja anturoinnit



Projekti: Lirmauskone	Piirustus: 1/5
Tekijä: Juha Eskelinen	Negatiivin- ja splice-teippiyksikön anturoinnit ja toimilaitteet
Pvm: 28.3.2014.	

Kuva - Filmiradan ja splice-teippiyksikön pääkomponentit ja anturoinnit.

11.10.2014

**VÄRIKODIT:**

MU	MAUSTA
VA	VALKONEN
PU	PUNAINEN
SI	SININEN
OR	ORANINEN
KE	KELTAINEN

**GeckoDrive 201X**

1	POWER
2	18 TO 80VDC
3	WINDING A
4	WINDING B
5	WINDING A
6	WINDING B
7	DISABLE
8	DIR
9	STEP
10	COM
11	CURRENT SET-
12	CURRENT SET-

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

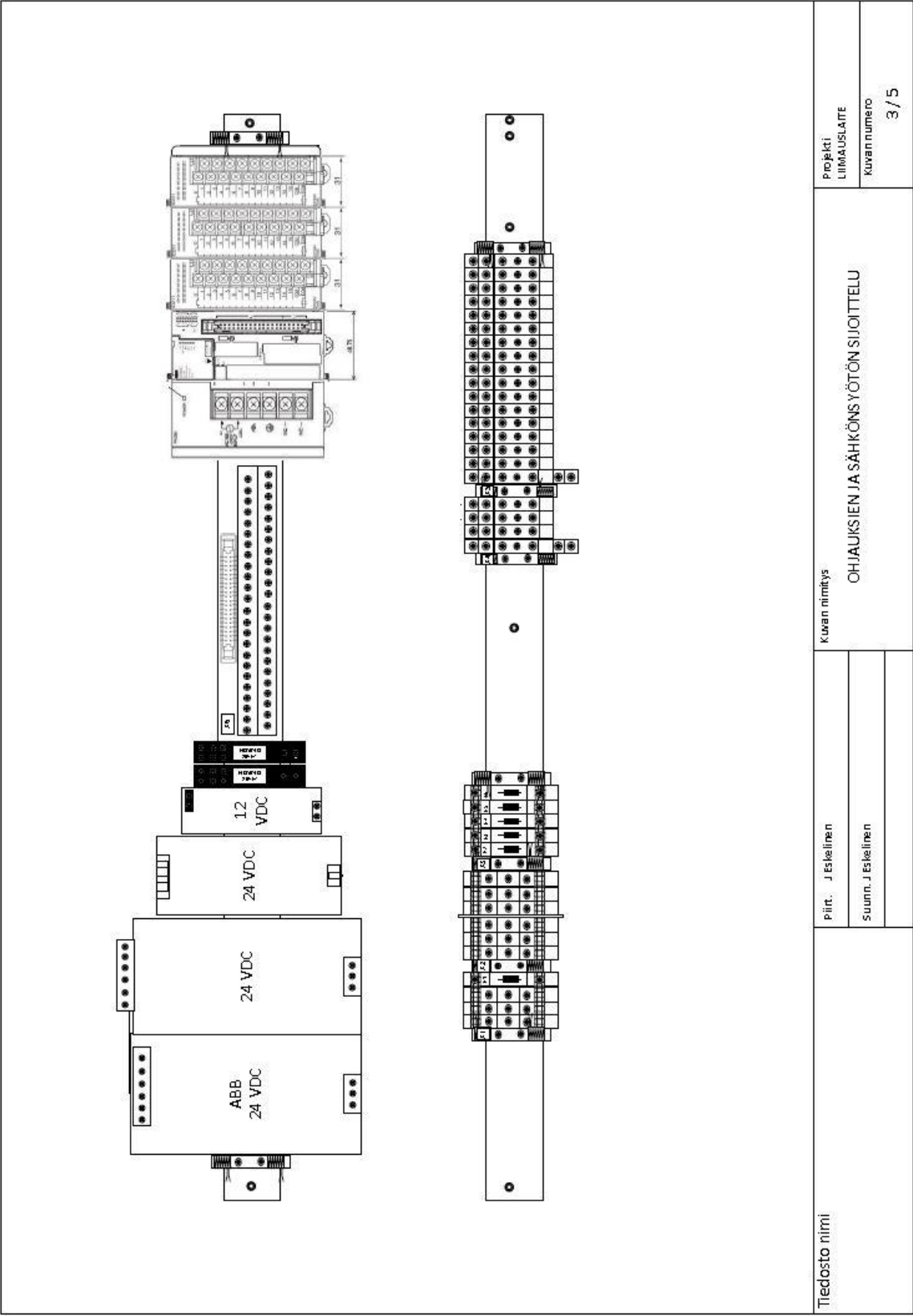
**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON
7	ON
8	ON
9	ON
10	ON

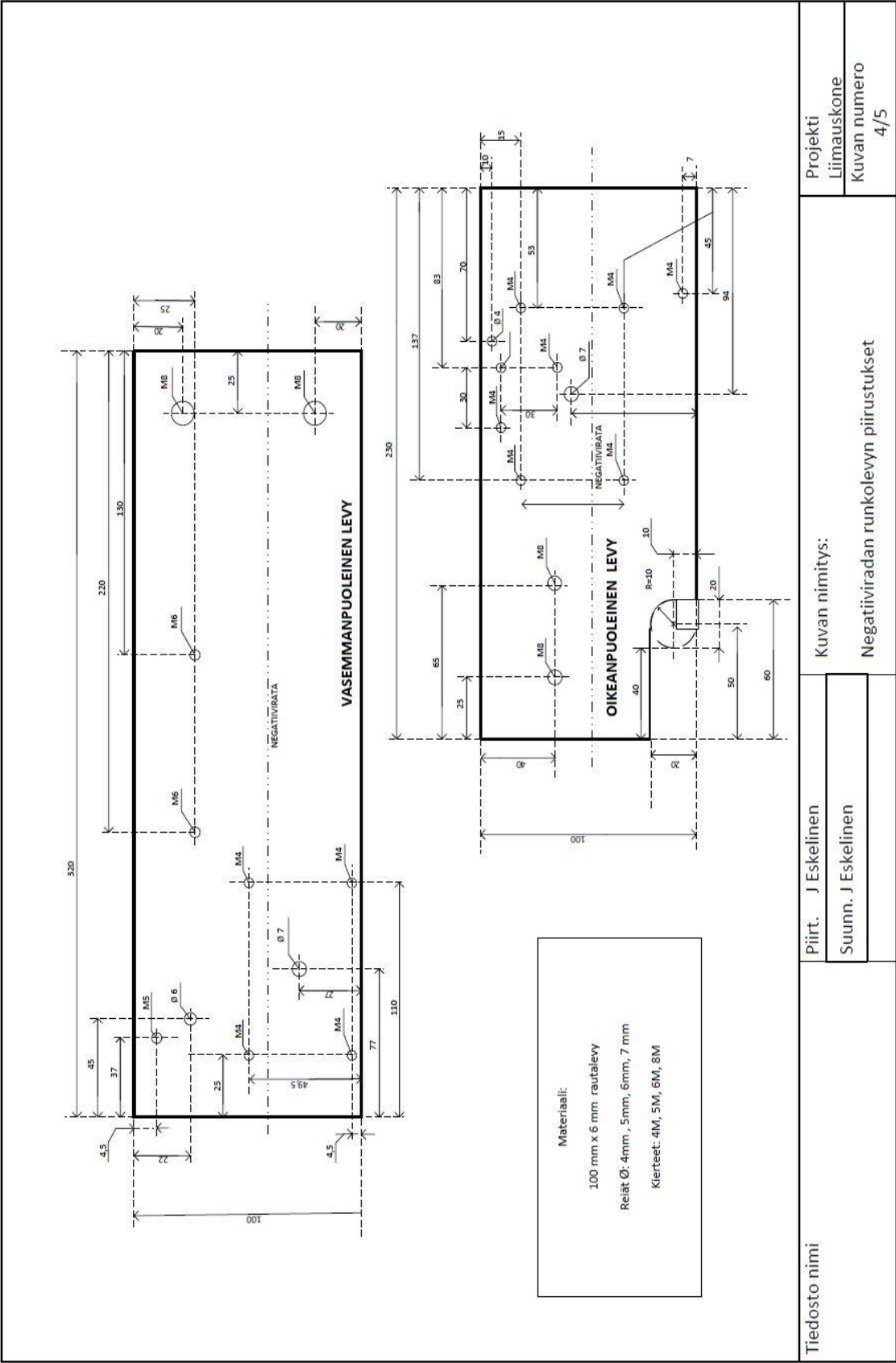
**GeckoDrive 201X**

1	OFF
2	OFF
3	OFF
4	OFF
5	ON
6	ON</

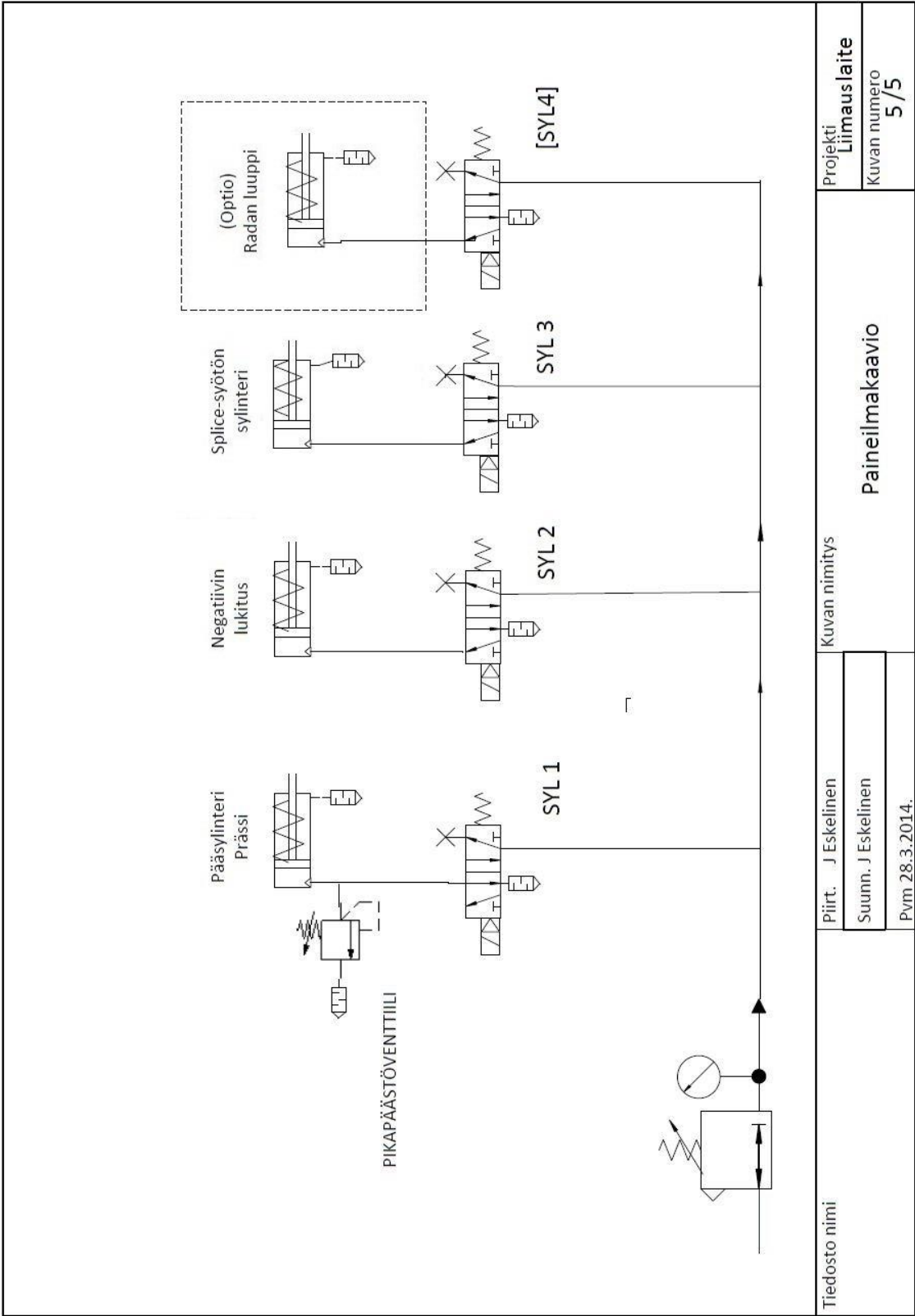
Ohjauksen ja sähkönsyötön sijoittelu



Liimauslaitteen filmiradan runkolevyjen piirustukset



Paineilmakaavio



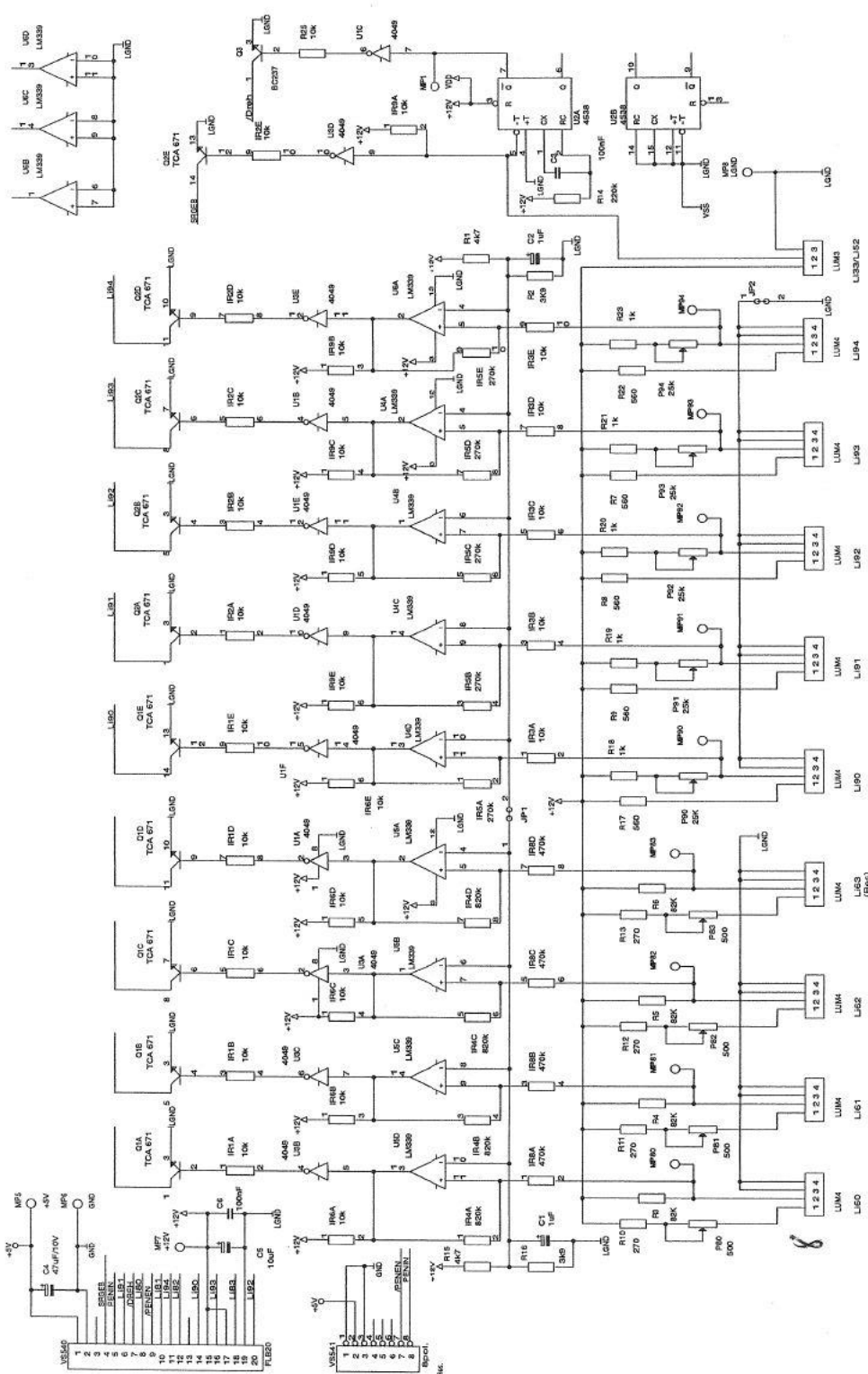


The diagram illustrates the electrical wiring for a PLC system. The main power supply is 230 VAC, 1~5A, 50Hz, connected to terminals L1, N, and PE. A fuse F1 is on the L1 line. The power is distributed to four 24VDC power supplies (VIRTALÄHDE) via terminals X2. Each power supply has a fuse (F2, F3, F4, F5, F6) and is connected to a PLC module. The modules are: OMRON PA-202, AGFA LIITÄNTÄKORTTI, ANTURIT PLC INPUT/OUTPUT, ASKELMOOTTORIT, and OMRON ESEN. The diagram shows the internal wiring of each module and the connections between them.

## Schaltpläne

## Reparatur

## Lichtschrankenplatine II



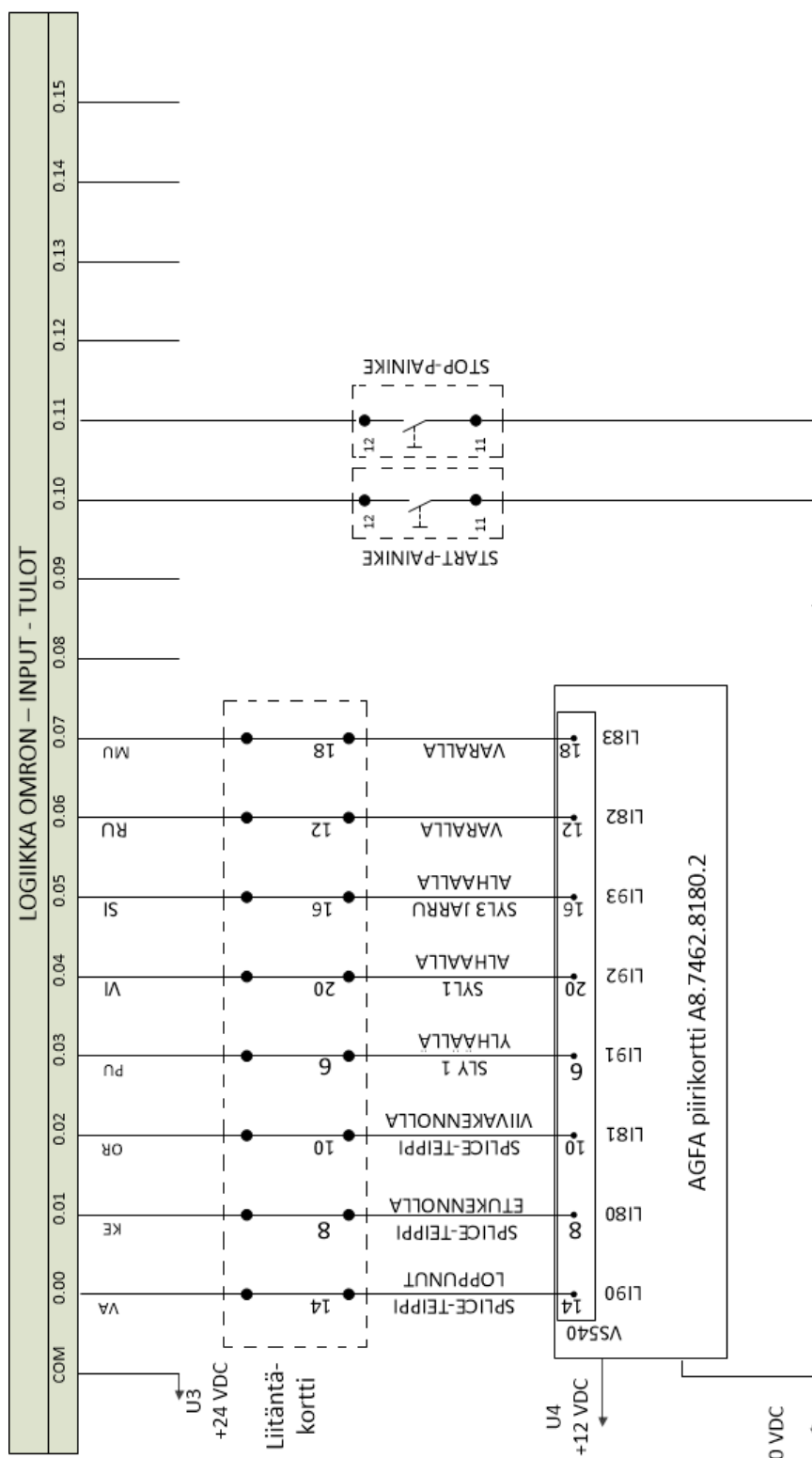
GS 540  
CM+8.7462.8180.2

06289

AGFA APS 135-3

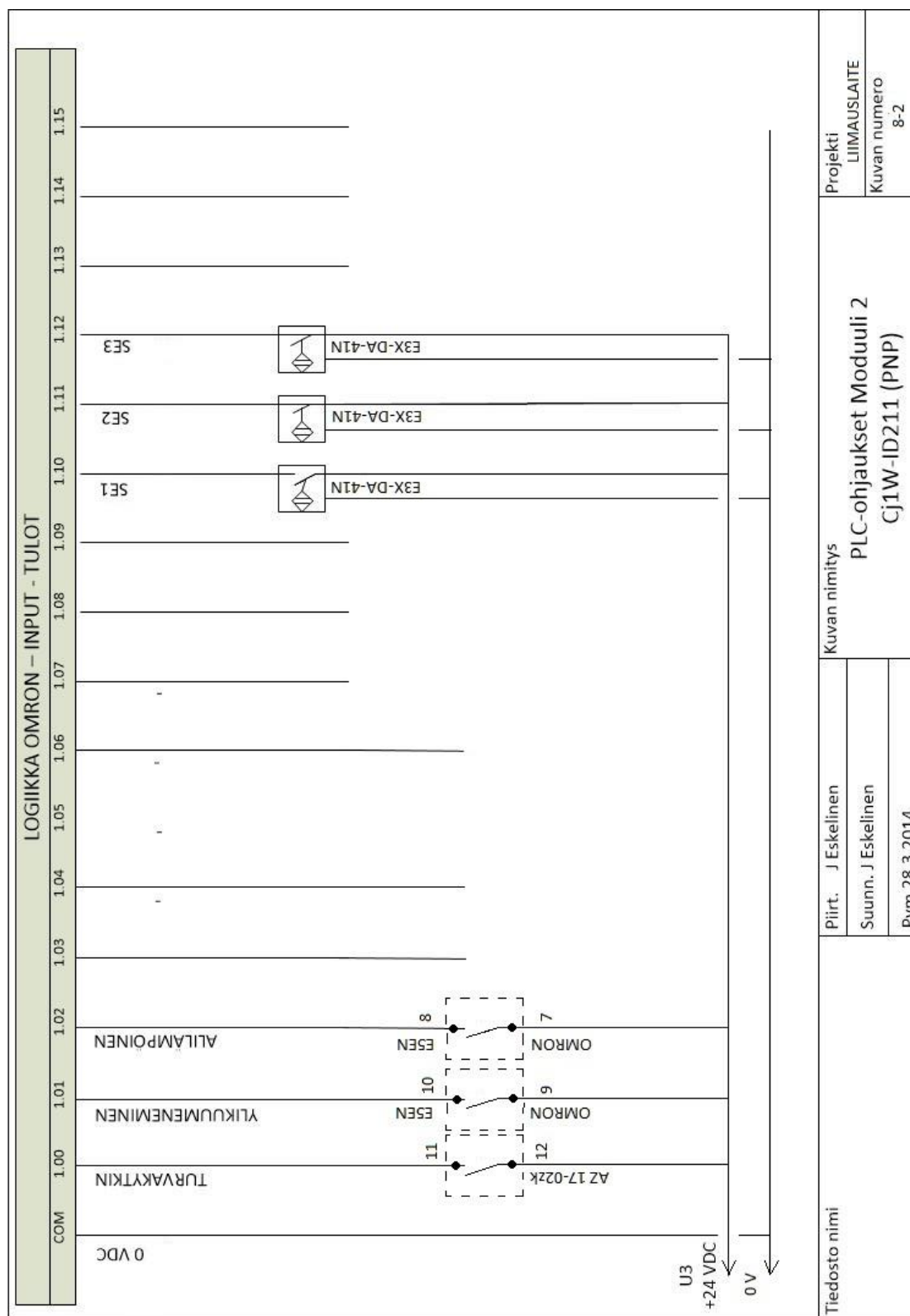
109

### CJ1W-ID211 INPUT (NPN)

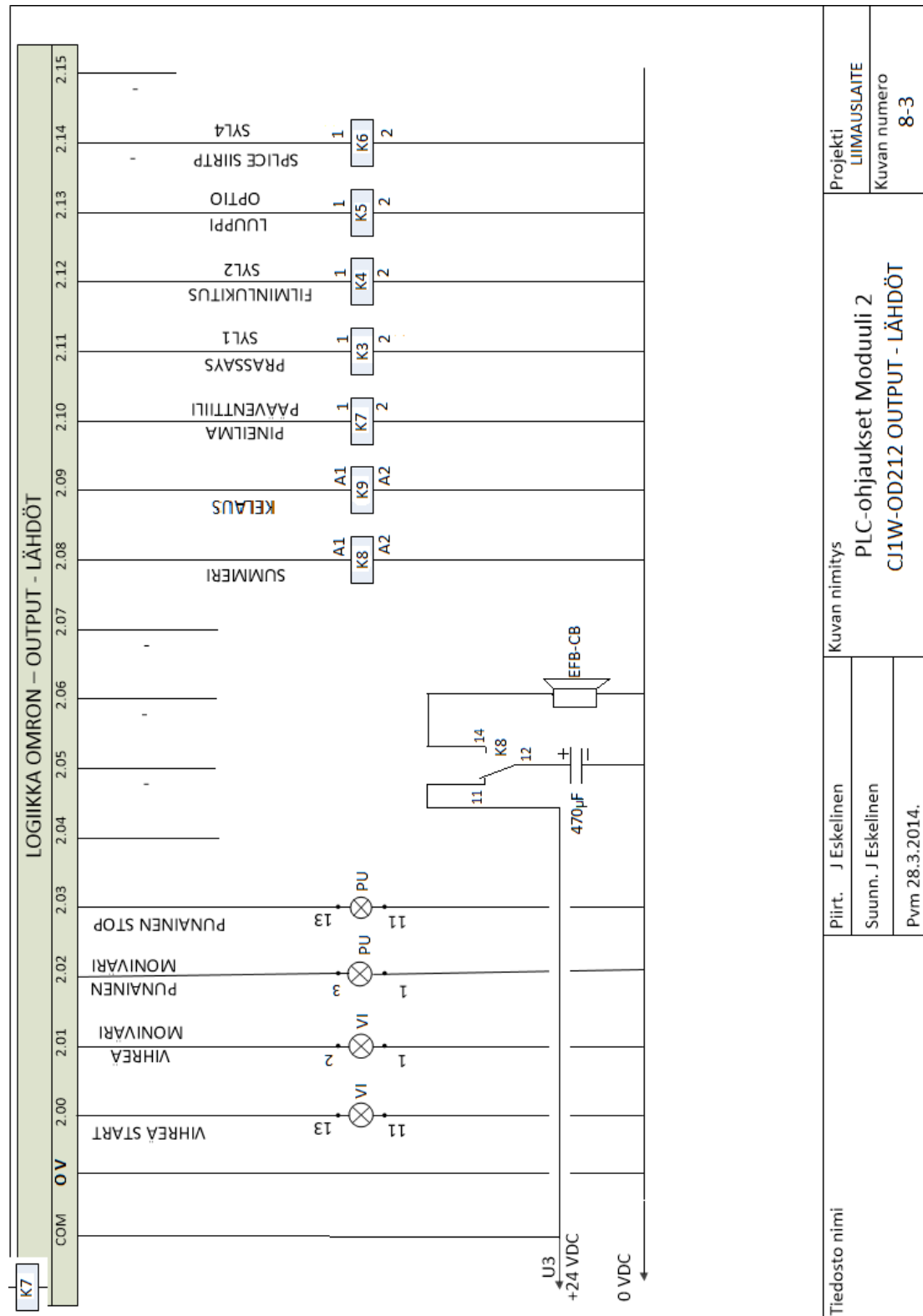


Tiedosto nimi	Piirt. J Eskelinen	Kuvan nimitys	Projekti Liimauskone
	Suunn. J Eskelinen	PLC-ohjaukset Moduuli 1 Cj1W-ID211 (NPN)	Kuvan numero 8-1
	Pvm 28.3.2014.		

### CJ1W-ID211 INPUT (PNP)



## CJ1W-OD212 OUTPUT



## Sähköisten komponenttien virrankulutukset

VIRTALÄHTEET	230V AC
ABB CP-E 24/5.0	1,4
DRA120-24FPB	1,4
DR260-24	1,5
STEPS-PS /1AC/12DC/1.5	0,2
OMRON CJ1W-PA202	1
Kokonais maksimi virta 230V AC	5,5
<hr/>	
	24V DC
Lämmitysvastus 87,6 W	3,65
GECKODRIVE 201X M1	0,4
GECKODRIVE 201X M2	0,4
GECKODRIVE 201X M3	0,4
PITTMAN LO-COG GM9213E236-R1 1,5:1 96 CPR + R=40 OHM	0,5
	1,7
<hr/>	
	A (24VDC)
OMRON E3X-DA41 SE1	0,045
OMRON E3X-DA41 SE2	0,045
OMRON E3X-DA41 SE3	0,045
OMRON CJ1M-CPU22	
OMRON PLC OD212	0,1
OMRON PLC ID211	0,08
OMRON PLC ID211	0,08
OMRON WD2D-40G6	-
FESTO 5/2 Monostabiili CPE14-M1Bh-5L-1/8	0,053
FESTO 5/2 Monostabiili CPE14-M1Bh-5L-1/8	0,053
FESTO 5/2 Monostabiili CPE14-M1Bh-5L-1/8	0,053
FESTO 5/2 Monostabiili CPE14-M1Bh-5L-1/8	0,053
KMEB-1-24-10-LED	0,01
HEE-D-MIDI-24 3/2 closed, monostable	0,125
OMRON E5EN-R3MTD-500-N	0,17
	0,912
<hr/>	
OMRON CJ1MPCPU22 ja LISÄMODULIT	1,8
AGFA piirikortti A8.7462.8180.2	0,1

## Komponenttiluettelo

Liimauslaitteessa käytettyjä komponentteja				
Komponentit	Laitetunnus	Nimike	Määrä	
VALOKUITU		SICK OPTEX LLK1-M6FA02	3	-
ASKELMOOTTORI	M1, M2	HY 200 2220	2	-
ASKELMOOTTORI	M3	AIRPAX MV82801-P1	1	-
	M4	PITTMAN LO-COG GM9213E236-R1 1,5:1 96 CPR + R=40 OHM	1	-
KELAUSMOOTTORILLE	R1	40Ω	1	-
ASKELMOOTTORIOHJAIN	D1, D2, D3	GECKODRIVE G201X	3	Farnell
VALOKUITUANTURI	SE1, SE2, SE3	OMRON E3X-DA41 SE1	3	P.J. Control
LOGIIKKA	PLC-CPU	OMRON CJ1M-CPU22	1	P.J.Control
2.00-2.14	16 OUTPUT	OMRON PLC OD212	1	P.J.Control
0.00-0,14, 1.00-1,14	16 INPUT	OMRON PLC ID211	2	P.J.Control
X8	LIITINRIMA PULSE+DIR	OMRON WD2D-40G6	1	P.J.Control
SYL1, SYL 2,SYL 3, SYL 4	V1, V2, V3, V4	FESTO 5/2 Monostabiili CPE14-M1B	4	Festo
LIITÄNTÄ V0 KELALLE	K3	KMEB-1-24-10-LED	1	Festo
PAINEILMA PÄÄVENTTIILI	V0	HEE-D-MIDI-24 3/2 closed, monosta	1	Festo
LÄMPÖTILASÄÄDIN	TC	OMRON E5EN-R3MTD-500-N	1	P.J,Control
		AGFA piirikortti A8.7462.8180.2	1	AGFA APS 135 SPLIC
JÄNNITELÄHDE 24 VDC	U1	ABB CP-E 24/5.0	1	-
JÄNNITELÄHDE 24 VDC	U2	DRA120-24FPB	1	-
JÄNNITELÄHDE 24 VDC	U3	DR260-24	1	-
JÄNNITELÄHDE 12 VDC	U4	STEPS-PS /1AC/12DC/1.5	1	Farnell
JÄNNITELÄHDE	U5	OMRON CJ1W-PA202	1	-
OMRON PIENOISRELE	K1, K2	2GR-2-SND(S)	2	-
OMRON RELEPOHJA	K1, K2	P2RF-08-E	2	-
PÄÄKYTKIN	K0	KRAUS&NEIMER KG32		-



## Liimauslaitteen toiminnan aikaiset häiriötilat: Merkkivalokoodit

Taulukko 1. Merkkivalojen ja häiriötilanteiden aikaisen toiminnan suunnitteluun ja ohjelmointiin.



## Liimauslaitteen ohjelmalista

Taulukko 1 . Liimauslaitteen ohjelmat jaoteltuna toiminnon mukaan.

Settings

Memory

Programs

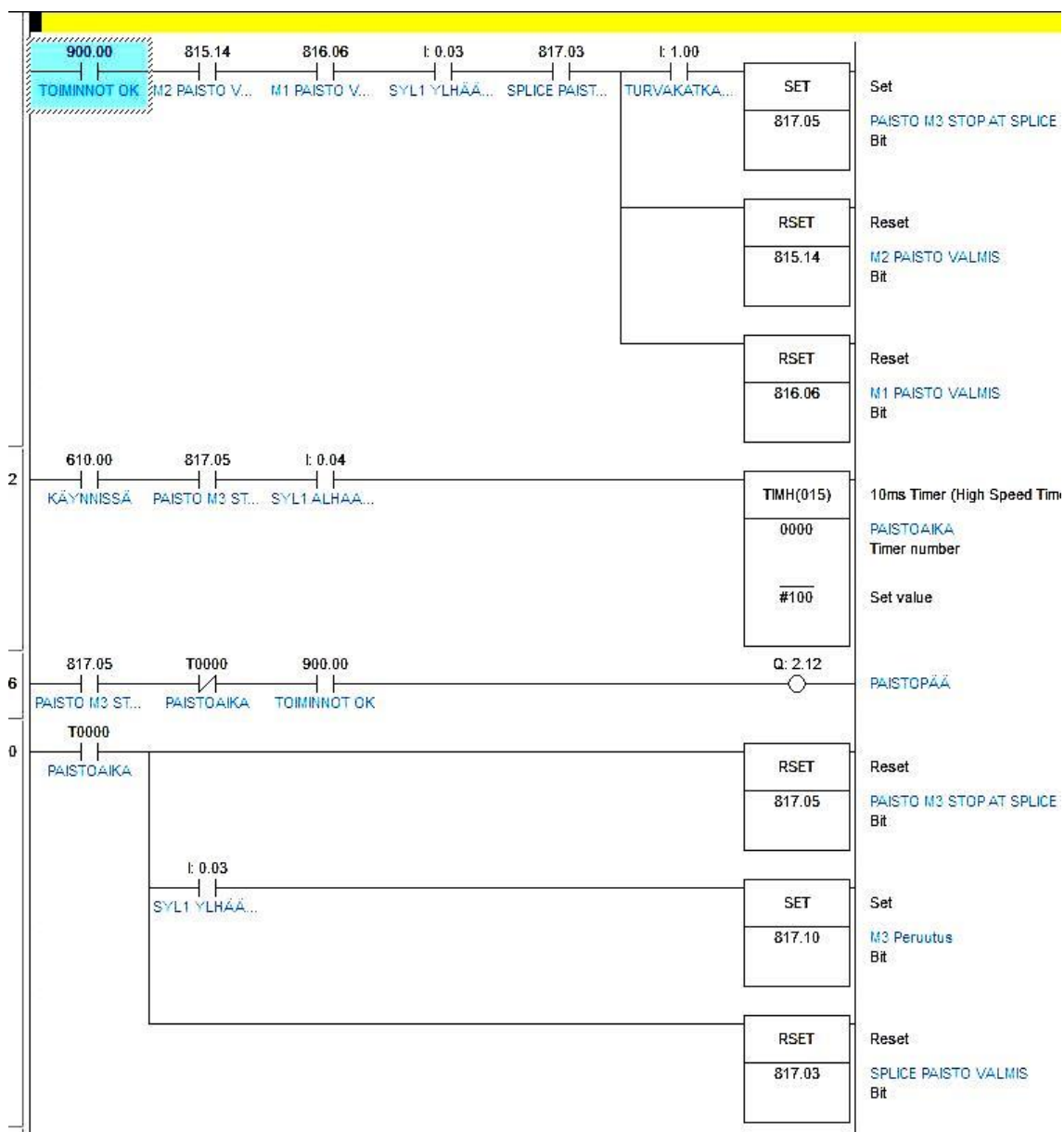
Liimuri (00)

- Symbols
- ASETUKSET
- START\_A
- START\_STOP
- STOP
- M3\_TIMER\_JA\_EHDOT
- M3\_Splice\_Syöttö\_810
- M2\_Valmius\_815
- M1\_ajo\_816
- M2\_peruutus\_815
- SPLICE\_ajo\_817
- PRESS\_817
- Splice\_Peruutus\_817
- ROLLOUT\_818
- VIAT
- VIKA\_RATA\_706
- VIKA\_RATA\_3
- VIKA\_RATA\_2
- VIKA\_RATA\_1
- VIKA\_START
- VIKA\_LÄMPÖ
- VIKA\_SPLICE
- \_701\_HÄL\_NORMAALI\_ODOTUSTILA
- \_702\_HÄL\_NORMAALI\_AJOTILA
- \_703\_HÄL\_SPLICETEIPPI\_LOPPUNUT
- \_704\_HÄL\_LÄMPÖTILA\_ALHAINEN
- \_705\_HÄL\_LIIMAUSYKSIKKÖ\_LUKITSEMATTA\_705
- \_706\_HÄL\_M3\_ALUSTUSAJO\_EPÄONNISTUI\_706
- \_707\_HÄL\_M1\_SE1\_SE2\_SYÖTTÖRATA\_EI\_VAPAA
- \_708\_HÄL\_SE3\_KELAUS\_TYHJÄ
- \_709\_HÄL\_M3\_SPLICE\_TEIPIN\_SYÖTÖSSÄ\_LIIMAUKSEEN
- \_710\_HÄL\_M3\_SPLICE\_PERUUTUKSESSA\_HÄIRIÖ\_710
- \_711\_HÄL\_SE1\_SE2\_ULOSKELAUKSESSA\_HÄIRIÖ\_711
- \_712\_HÄL\_SE2\_ULOSKELAUS\_TAKAISINASETUKSESSA\_HÄIRIÖ\_712
- MERKKIVALOJEN\_TIMERIT
- MERKKIVALOT
- TESTI\_INPUTIT
- END

Function Blocks

	D100	KIIHTYVYYS M2 Destination
MOV(021)	#2000	Move Source word
	D101	HIDASTUVUUS M2 Destination
MOV(021)	#0	Move Source word
	D102	M2 SPEED Destination
MOV(021)	#0	Move Source word
	D103	SPEED word empty Destination
MOV(021)	#4000	Move Source word
	D104	M2 PULSSEJA C350 50K Destination
MOV(021)	#0	Move Source word
	D106	M2 START SPEED Destination
SET	815.05	Set M2 OIK_AJO Bit
PLS2(887)	#1	Pulse Output Port specifier
	#110	Control data
	D100	KIIHTYVYYS M2 First parameter word
	D106	M2 START SPEED First start frequency word

## Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja



Kuva 1. Prässäysohjelma. Ehdot ja ajastimet.

## Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja

Taulukko 2 Symbolitaulukkoa (global)

Name	Data Type	Address / Value	Rack Location	Usage	Comment
 CHANNEL	CHANNEL	0	Main Rack : Slot 00	In	M2 PYSÄYTYS
• ETUKENNOLLA	BOOL	0.01	Main Rack : Slot 00	In	Teippi ETUKENNOLLA
• VIIVATUNNISTUS	BOOL	0.02	Main Rack : Slot 00	In	SPLICE VIIVATUNNISTUS
•	BOOL	0.03	Main Rack : Slot 00	In	SYL1 YLHÄÄLLÄ
•	BOOL	0.04	Main Rack : Slot 00	In	SYL1 ALHAALLA
•	BOOL	0.05	Main Rack : Slot 00	In	SYL2 JARRU ALHAALLA
•	BOOL	0.08	Main Rack : Slot 00	In	LÄMPÖTILA ALARAJA
•	BOOL	0.10	Main Rack : Slot 00	In	START
•	BOOL	0.11	Main Rack : Slot 00	In	STOP
•	BOOL	1.00	Main Rack : Slot 01	In	TURVAKATKAISIN SPLICE
•	BOOL	1.01	Main Rack : Slot 01	In	YLIKUUMENTUNUT
•	BOOL	1.02	Main Rack : Slot 01	In	ALILÄMPÖINEN
•	BOOL	1.07	Main Rack : Slot 01	In	TESTINAPPI
•	BOOL	1.10	Main Rack : Slot 01	In	SE1
•	BOOL	1.11	Main Rack : Slot 01	In	SE2
•	BOOL	1.12	Main Rack : Slot 01	In	SE3
•	BOOL	2.00	Main Rack : Slot 02	Out	VIHREÄ START NAPPI
•	BOOL	2.01	Main Rack : Slot 02	Out	VIHREÄ moniväri
•	BOOL	2.02	Main Rack : Slot 02	Out	PUNAINEN moniväri
•	BOOL	2.03	Main Rack : Slot 02	Out	PUNAINEN STOP NAPPI
•	BOOL	2.08	Main Rack : Slot 02	Out	M4 KELAUS PIENI
•	BOOL	2.09	Main Rack : Slot 02	Out	M4 KELAUS SUURI
•	BOOL	2.10	Main Rack : Slot 02	Out	Paineilma PÄÄVENTTIILI SYL0
•	BOOL	2.11	Main Rack : Slot 02	Out	Filmin LUKITUS SYL4
•	BOOL	2.12	Main Rack : Slot 02	Out	PAISTOPÄÄ
•	BOOL	2.13	Main Rack : Slot 02	Out	SPLICE SIIRTOPURISTUS SYL2
•	BOOL	2.14	Main Rack : Slot 02	Out	M4 KELAUS LEPOVETO
•	BOOL	2.15	Main Rack : Slot 02	Out	M4 KELAUS SUURI POIS
•	BOOL	3.00		Work	Input testi
•	BOOL	7.10		Work	HÄL 1
 CHANNEL	CHANNEL	126		Work	M2 PERUUTUS SPEED
 CHANNEL	CHANNEL	585		Work	M1 PAISTOALUSTALLE
•	BOOL	600.00		Work	VIRTA
•	BOOL	601.00		Work	SPLICE LOPPU
•	BOOL	610.00		Work	KÄYNNISSÄ
•	BOOL	620.00		Work	STOP
•	BOOL	700.02		Work	Timer 10 ja 11 SEIS
•	BOOL	700.03		Work	Timer 0012 0.7 sek
•	BOOL	701.00		Work	Normaalitila
•	BOOL	701.02		Work	STEP 1
•	BOOL	701.03		Work	RESET 0.3
•	BOOL	701.05		Work	ORANSSI
•	BOOL	701.06		Work	L1
•	BOOL	701.10		Work	0.7 Väliaika
•	BOOL	702.00		Work	Normaali Ajotila
•	BOOL	702.01		Work	Reset Count 1
•	BOOL	702.02		Work	Reset Count 2
•	BOOL	702.03		Work	Count 3 Start
•	BOOL	702.04		Work	Reset Counter 3
•	BOOL	702.05		Work	1.0 SEK



## Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja

Taulukko 3. Symbolitaulukkoa (global)

s	BOOL	702.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	702.05	Work	1.0 SEK
s	BOOL	703.00	Work	Splice-teippi loppunut
s	BOOL	703.01	Work	Rset Counter 1
s	BOOL	703.02	Work	Counter 3 Start
s	BOOL	703.03	Work	Alustus Counter 3
s	BOOL	703.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	704.00	Work	LÄMPÖTILA ALARAJA
s	BOOL	705.00	Work	TURVAKATKAISIN
s	BOOL	706.00	Work	M3 ALUSTUS EPÄONNISTUNU
s	BOOL	706.01	Work	Reset Count 1
s	BOOL	706.02	Work	Reset Count 2
s	BOOL	706.03	Work	Count 3 Start
s	BOOL	706.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	707.00	Work	SYÖTTÖRATA EI VAPAA
s	BOOL	707.01	Work	Reset Count 1
s	BOOL	707.02	Work	Reset Count 2
s	BOOL	707.03	Work	Count 3 Start
s	BOOL	707.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	708.00	Work	SE3 M2 KELAUS TYHJÄ
s	BOOL	708.01	Work	Counter 1 Reset
s	BOOL	708.02	Work	Counter 2 Reset
s	BOOL	708.03	Work	Counter 3 Reset
s	BOOL	708.04	Work	Counter 3 reset
s	BOOL	708.07	Work	Counter 3 LAskuri päälle INV
s	BOOL	708.09	Work	Counterille 2 settailua
s	BOOL	709.00	Work	M3 SPLICE SYÖTÖSSÄ LIIMAU
s	BOOL	709.01	Work	Counter 1 Reset
s	BOOL	709.02	Work	Counter 2 Reset
s	BOOL	709.03	Work	Counter 3 Reset
s	BOOL	709.04	Work	Counter 3 reset
s	BOOL	710.00	Work	ME SPLICE PERUUTUS HÄIRIÖ
s	BOOL	711.00	Work	SE1 SE2 ULOSKELAUSHÄIRIÖ
s	BOOL	711.01	Work	Reset Count 1
s	BOOL	711.02	Work	Reset Count 2
s	BOOL	711.03	Work	Count 3 Start
s	BOOL	711.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	712.00	Work	SE3 ULOSKELAUS TAKAISINKE
s	BOOL	712.01	Work	Reset Count 1
s	BOOL	712.02	Work	Reset Count 2
s	BOOL	712.03	Work	Count 3 Start
s	BOOL	712.04	Work	Reset Counter 3
s	BOOL	800.00	Work	TEIPPI ON
s	BOOL	800.01	Work	STARTUP
s	BOOL	810.00	Work	STEP M3
s	BOOL	811.00	Work	Peruutus M3
s	BOOL	812.00	Work	TEIPPI ETUKENNOLLA
s	BOOL	812.01	Work	KOE POISTO
s	BOOL	812.02	Work	812.00 EI RIITÄ
s	BOOL	813.00	Work	TEIPPI VIIVALLA
s	BOOL	814.00	Work	EtukennolleValmius
s	BOOL	814.01	Work	MUUTETTU TOISAALLE
s	BOOL	815.00	Work	Etukennolla Lisäbitti
s	BOOL	815.01	Work	SPLICE READY
s	BOOL	815.02	Work	M2 AJO PARAM
s	BOOL	815.04	Work	M2 PAISTO ALUSTALLA
s	BOOL	815.05	Work	M2 OIK AJO
s	BOOL	815.06	Work	M2 VAS
s	BOOL	815.07	Work	M2 VAS AJO

## Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja

Taulukko 4. Symbolitaulukkoa (global)

•	BOOL	815.05	Work	M2 OIK AJO
•	BOOL	815.06	Work	M2 VAS
•	BOOL	815.07	Work	M2 VAS AJO
•	BOOL	815.08	Work	M2 VAS AJOSSA
•	BOOL	815.09	Work	M2 VALMIS PORT COMPLETE
•	BOOL	815.10	Work	M2 OK ODOTTAA
•	BOOL	815.11	Work	M2 ALOITUSVALMIUDESSA
•	BOOL	815.12	Work	M2 AJO PAISTOON
•	BOOL	815.13	Work	M2 PERUUTUS
•	BOOL	815.14	Work	M2 PAISTO VALMIS
•	BOOL	816.00	Work	M1 PARAMETRIT STEP 1
•	BOOL	816.01	Work	M1 PARAMETRITAJOON
•	BOOL	816.03	Work	TESTI
•	BOOL	816.06	Work	M1 PAISTO VALMIS
•	BOOL	817.00	Work	M3 PAISTOON
•	BOOL	817.01	Work	M3 AJOON
•	BOOL	817.02	Work	C2 SEIS
•	BOOL	817.03	Work	SPLICE PAISTO VALMIS
•	BOOL	817.05	Work	PAISTO M3 STOP AT SPLICE
•	BOOL	817.10	Work	M3 Peruutus
•	BOOL	817.11	Work	PERUUTUSTA
•	BOOL	817.12	Work	M3 PAISTO VALMIS
•	BOOL	818.00	Work	ROLLOUT
•	BOOL	818.01	Work	ROLLOUT LOPPU
•	BOOL	818.02	Work	ROLLOUT OK
•	BOOL	819.00	Work	M1 AJO
•	BOOL	819.01	Work	M1 AJO PARAMETRIT
•	BOOL	860.00	Work	IHAN TESTI
•	BOOL	880.00	Work	TEST 1
•	BOOL	900.00	Work	Startup Toggle
•	BOOL	900.00	Work	TOIMINNOT OK
•	BOOL	900.01	Work	START PITO
•	BOOL	900.02	Work	vilkku
•	BOOL	901.00	Work	STARTTIA
•	BOOL	902.01	Work	STARTTI 2
•	BOOL	910.00	Work	normal
•	BOOL	920.00	Work	START ALKU
•	BOOL	920.01	Work	M1 COMPLETE
•	BOOL	930.00	Work	M2 BUSY
•	BOOL	930.01	Work	M2 COMPLETE
■	CHANNEL	1800	Work	PAISTOON
•	BOOL	2960.04	Work	M3 OLI 2.00
•	BOOL	2960.05	Work	M3 PERUUTUS
•	BOOL	2961.04	Work	M3 STEP
•	BOOL	2961.05	Work	M3 PERUUTUS
•	BOOL	2965.00	Work	M3 OLI 2.00
•	BOOL	2966.00	Work	M3 PERUUTUS
• P_First_Cycle	BOOL	A200.11	Work	First Cycle Flag
• P_Step	BOOL	A200.12	Work	Step Flag
• P_First_Cycle_Task	BOOL	A200.15	Work	First Task Execution Flag
■ P_Max_Cycle_Time	UDINT	A262	Work	Maximum Cycle Time
■ P_Cycle_Time_Value	UDINT	A264	Work	Present Scan Time
•	BOOL	A280.03	Work	M1 COMPLETE
•	BOOL	A280.04	Work	M1 BUSY
•	BOOL	A281.03	Work	M2 COMPLETE
•	BOOL	A281.04	Work	M2 BUSY
• P_Cycle_Time_Error	BOOL	A401.08	Work	Cycle Time Error Flag
• P_Low_Battery	BOOL	A402.04	Work	Low Battery Flag
• P IO Verifv Error	BOOL	A402.09	Work	I/O Verification Error Flag

## Liimauslaitteen ohjelmaa ja ohjelmalistoja

Taulukko 5. Symbolitaulukkoa (global)

✓ P_Low_Battery	BOOL	A402.04	Work	Low Battery Flag
✓ P_IO_Verify_Error	BOOL	A402.09	Work	I/O Verification Error Flag
✓ P_CIO	WORD	A450	Work	CIO Area Parameter
✓ P_WR	WORD	A451	Work	WR Area Parameter
✓ P_HR	WORD	A452	Work	HR Area Parameter
✓ P_DM	WORD	A460	Work	DM Area Parameter
✓ P_EM0	WORD	A461	Work	EM0 Area Parameter
✓ P_EM1	WORD	A462	Work	EM1 Area Parameter
✓ P_EM2	WORD	A463	Work	EM2 Area Parameter
✓ P_EM3	WORD	A464	Work	EM3 Area Parameter
✓ P_EM4	WORD	A465	Work	EM4 Area Parameter
✓ P_EM5	WORD	A466	Work	EM5 Area Parameter
✓ P_EM6	WORD	A467	Work	EM6 Area Parameter
✓ P_EM7	WORD	A468	Work	EM7 Area Parameter
✓ P_EM8	WORD	A469	Work	EM8 Area Parameter
✓ P_EM9	WORD	A470	Work	EM9 Area Parameter
✓ P_EMA	WORD	A471	Work	EMA Area Parameter
✓ P_EMB	WORD	A472	Work	EMB Area Parameter
✓ P EMC	WORD	A473	Work	EMC Area Parameter
✓ P_Output_Off_Bit	BOOL	A500.15	Work	Output OFF Bit
✓	BOOL	C0008	Work	M3 STEPIT KOHDISTUS C #204
✓	BOOL	C0021	Work	COUNT 1 vihreä
✓	BOOL	C0022	Work	COUNT 2 punainen
✓	BOOL	C0023	Work	COUNT 3 AIKAVÄLI
✓	BOOL	C0031	Work	COUNT 1 VIHREÄ
✓	BOOL	C0032	Work	COUNT 2 PUNAINEN
✓	BOOL	C0033	Work	COUNT 3 AIKAVÄLI
✓	BOOL	C0061	Work	COUNT 1 vihreä
✓	BOOL	C0062	Work	COUNT 2 punainen
✓	BOOL	C0063	Work	COUNT 3 AIKAVÄLI
✓	BOOL	C0071	Work	COUNT 1 vihreä
✓	BOOL	C0072	Work	COUNT 2 punainen
✓	BOOL	C0073	Work	COUNT 3 AIKAVÄLI
✓	BOOL	C0081	Work	Counter 1
✓	BOOL	C0082	Work	Counter 2
✓	BOOL	C0083	Work	Counter 3
✓	BOOL	C0091	Work	Counter 1
✓	BOOL	C0092	Work	Counter 2
✓	BOOL	C0093	Work	Counter 3
✓	BOOL	C0121	Work	COUNT 1 vihreä
✓	BOOL	C0122	Work	COUNT 2 punainen
✓	BOOL	C0123	Work	COUNT 3 AIKAVÄLI
✓ P_GE	BOOL	CF000	Work	Greater Than or Equals (GE) Fla
✓ P_NE	BOOL	CF001	Work	Not Equals (NE) Flag
✓ P_LE	BOOL	CF002	Work	Less Than or Equals (LE) Flag
✓ P_ER	BOOL	CF003	Work	Instruction Execution Error (ER)
✓ P_CY	BOOL	CF004	Work	Carry (CY) Flag
✓ P_GT	BOOL	CF005	Work	Greater Than (GT) Flag
✓ P_EQ	BOOL	CF006	Work	Equals (EQ) Flag
✓ P_LT	BOOL	CF007	Work	Less Than (LT) Flag
✓ P_N	BOOL	CF008	Work	Negative (N) Flag
✓ P_OF	BOOL	CF009	Work	Overflow (OF) Flag
✓ P_UF	BOOL	CF010	Work	Underflow (UF) Flag
✓ P_AER	BOOL	CF011	Work	Access Error Flag
✓ P_0_1s	BOOL	CF100	Work	0.1 second clock pulse bit
✓ P_0_2s	BOOL	CF101	Work	0.2 second clock pulse bit
✓ P_1s	BOOL	CF102	Work	1.0 second clock pulse bit
✓ P_0_02s	BOOL	CF103	Work	0.02 second clock pulse bit
✓ P_1min	BOOL	CF104	Work	1 minute clock pulse bit



**IP-luokitukset****14 Ensimmäinen numero**

Laite on suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä seuraavasti:

0 Suojaamaton

1 Kun esineen halkaisija on yli 50 mm

2 Kun esineen halkaisija on yli 12,5 mm

3 Kun esineen halkaisija on yli 2,5 mm

4 Kun esineen halkaisija on yli 1,0 mm

5 Pölysuojattu

6 Pölytiivis

**15 Toinen numero**

Laite on suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta seuraavasti:

0 Suojaamaton

1 Pystysuoraan tippuvalta vedeltä

2 Tippuvalta vedeltä (+/- 15 astetta)

3 Satavalta vedeltä (+/- 60 astetta)

4 Roiskuvalta vedeltä

5 Vesisuihkulta (joka suunnasta)

6 Voimakkaalta vesisuihkulta

7 Lyhytaikaisesti upotettuna

8 Jatkuvasti upotettuna

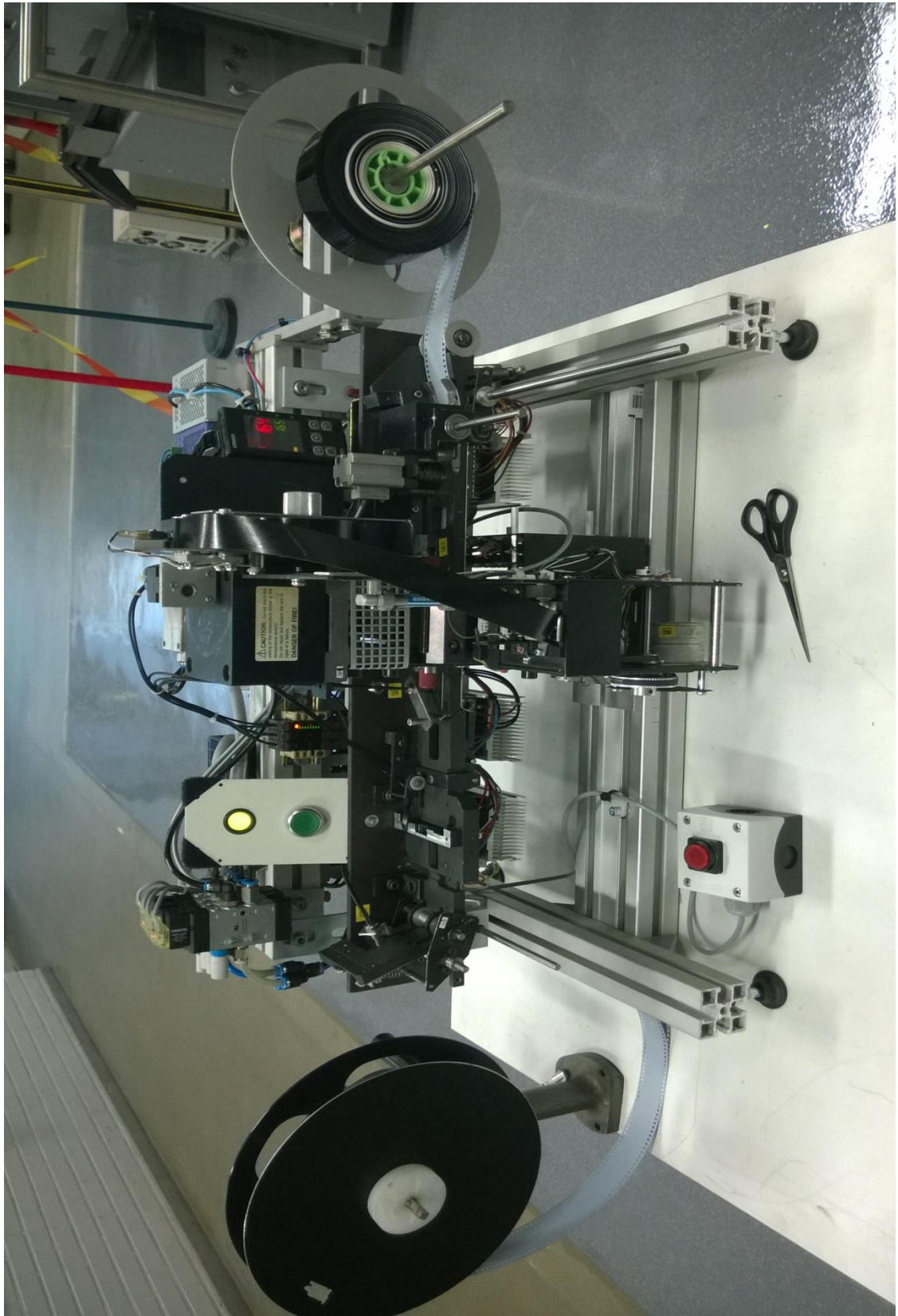
**16 Esimerkki**

IP 21 = Suojattu esineeltä, jonka halkaisija on yli 12,5 mm ja pystysuoraan tippuvalta vedeltä

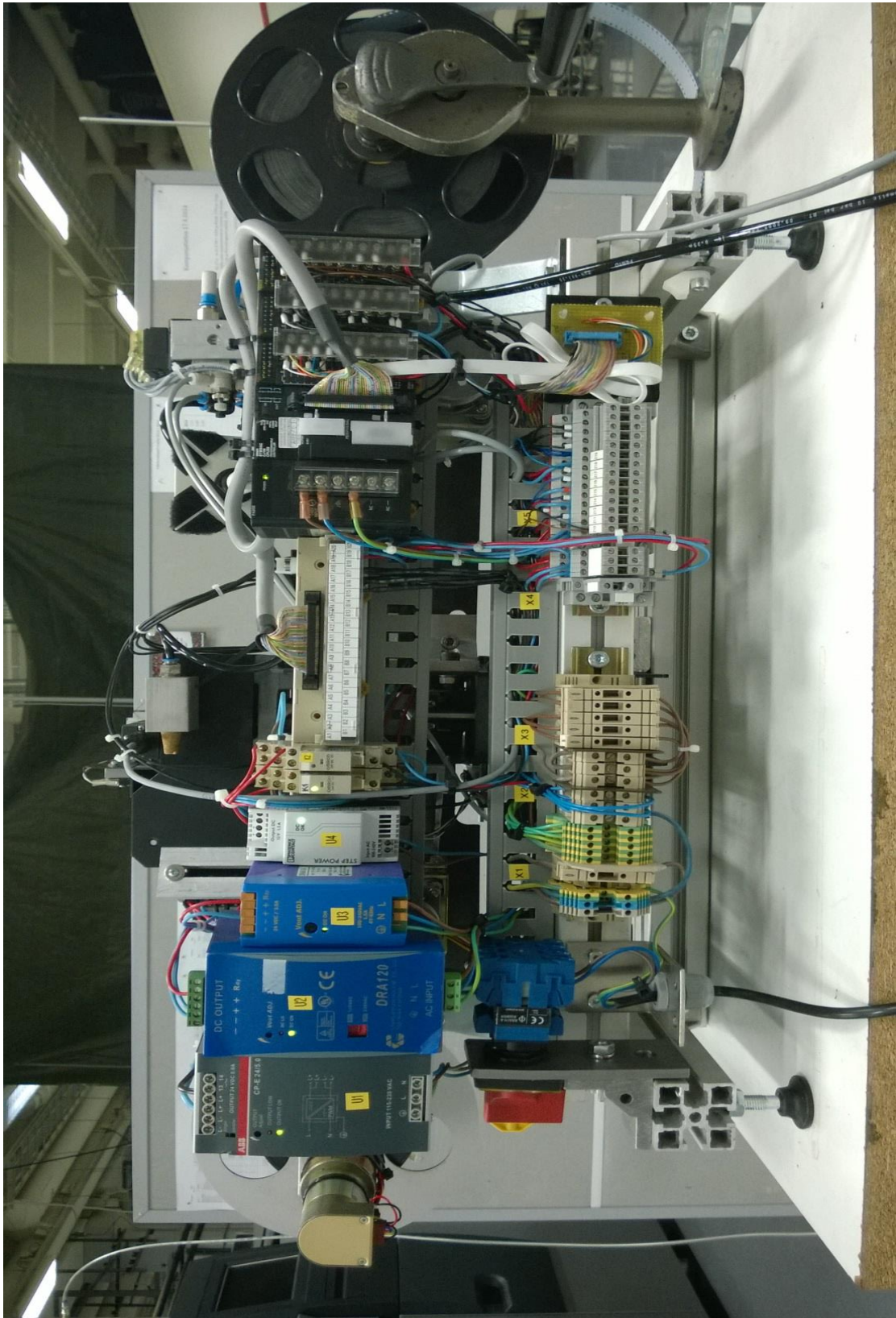
Lähde: STEK, Sähköturvallisuuden edistämiskeskus



Kuva: Filmiliimauslaite edestä

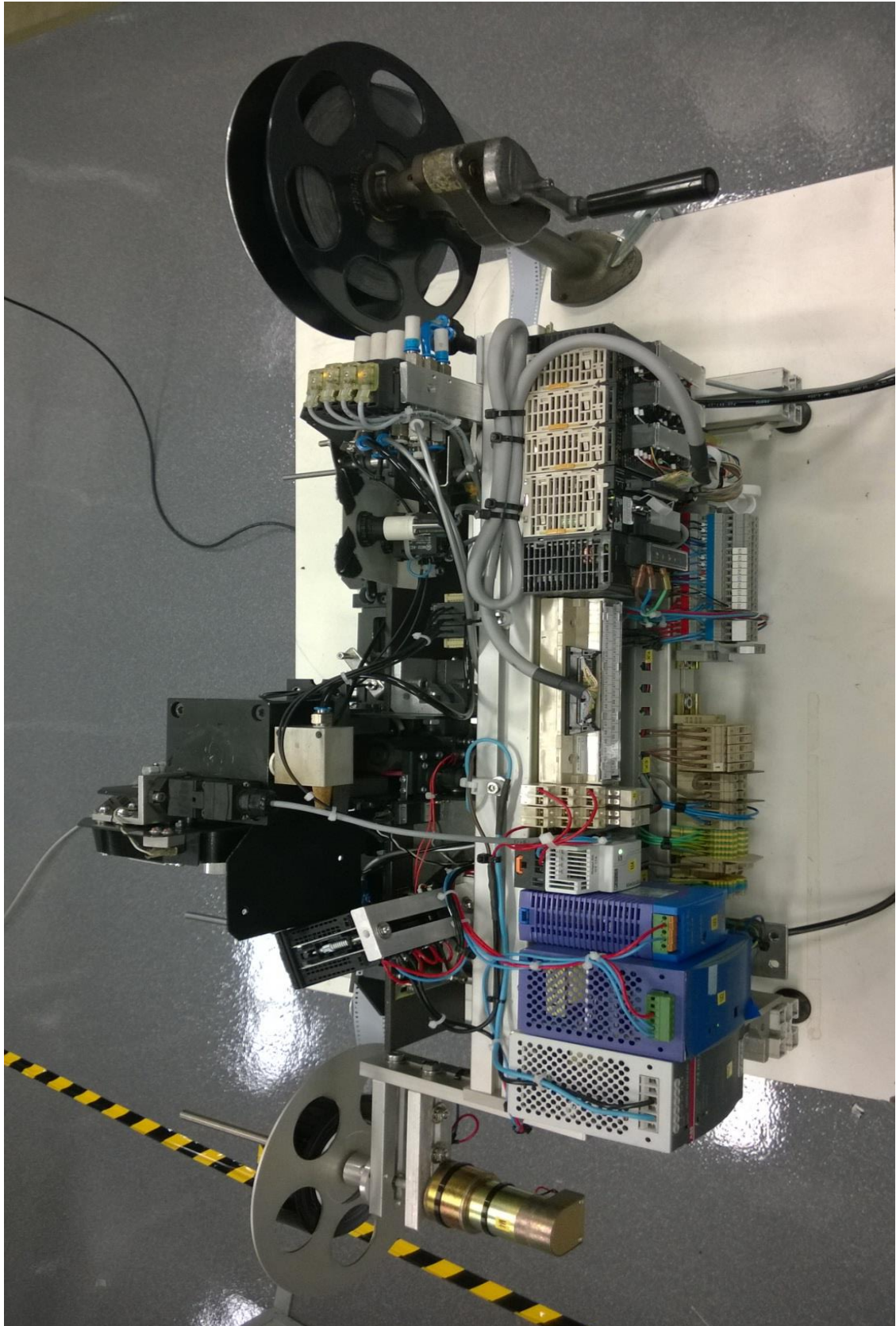


Kuva: Filmiliimauslaite takaa





Kuva: Filmiliimauslaite päältä



# Kuvia filmiliimauslaitteesta

